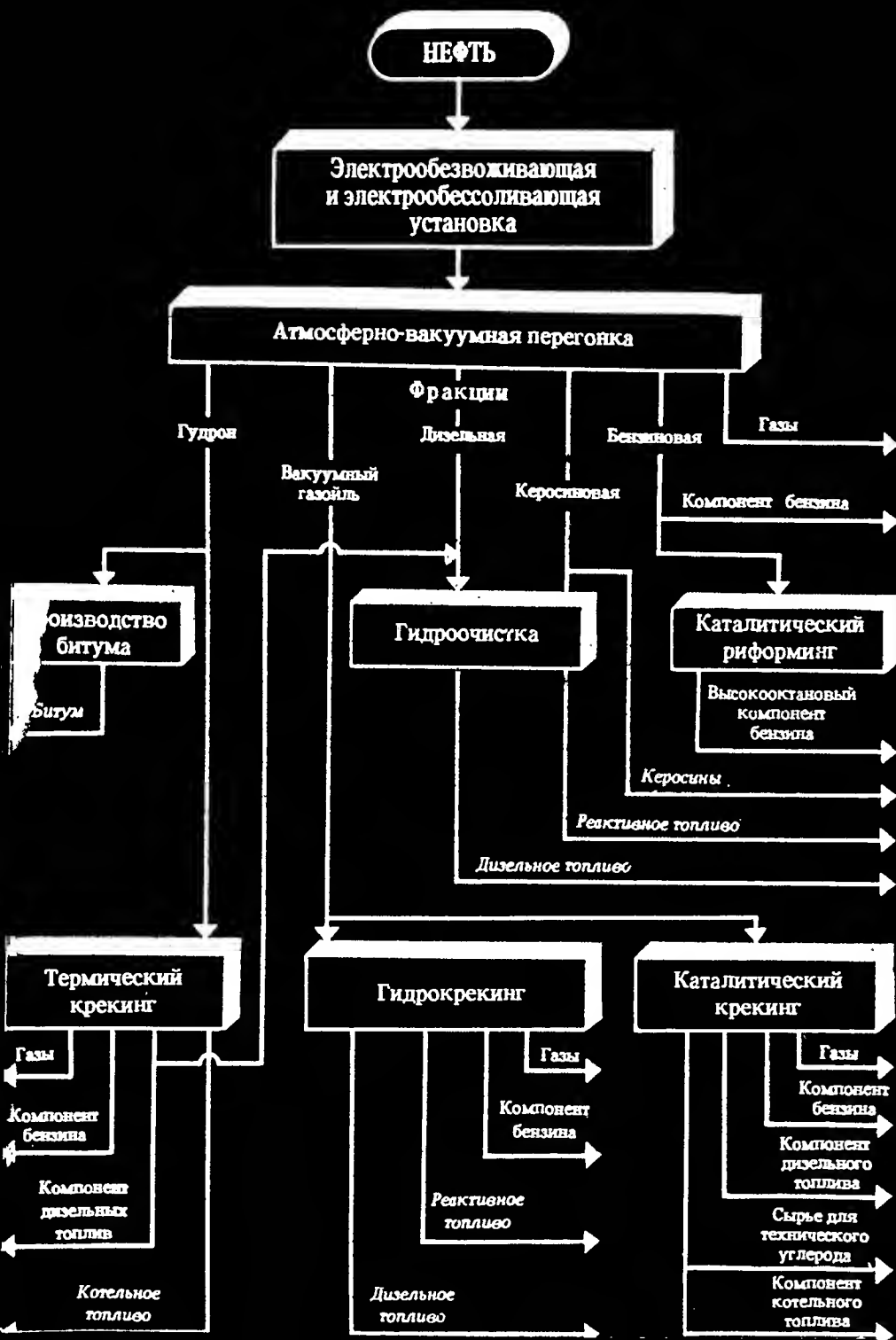


Топлива, смазочные материалы, технические жидкости





*Топлива,
смазочные
материалы,
технические
жидкости*

*Ассортимент
и применение*

Справочное издание

Под редакцией В. М. Школьникова



МОСКВА
»ХИМИЯ«
1989

ББК 6П7.43
Т 581
УДК 662.75/76:621.892 (031)

Авторы: К. М. БАДЫШТОВА, Я. А. БЕРШТАДТ, Ш. К. БОГДАНОВ,
Т. И. БОГДАНОВА, С. Б. БОРЩЕВСКИЙ, В. В. БУЛАТНИКОВ,
В. К. ГУСЕВ, Е. Е. ДОВГОПОЛЫЙ, Ю. Л. ИЩУК, И. О. КОЛЕСНИК,
Н. И. КОРОХ, Н. А. КУЗНЕЦОВ, И. В. ЛЕНДЬЕЛ, Э. Д. МАМЕДОВА,
Т. Н. МИТУСОВА, В. Д. РЕЗНИКОВ, Л. Н. ТЕТЕРИНА, А. А. ФУФАЕВ,
Г. И. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, Ю. Н. ШЕХТЕР, Б. А. ЭНГЛИН

Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ас-
Т 581 сортимент и применение: Справ. изд./К. М. Бадыштова,
Я. А. Берштадт, Ш. К. Богданов и др.; Под ред. В. М. Школь-
никова. — М.: Химия, 1989. — 432 с.: ил.
ISBN 5—7245—0280—1

Приведены краткие сведения о важнейших физических и эксплуатацион-
ных свойствах, особенностях применения топлив, масел, пластичных смазок,
смазочно-охлаждающих жидкостей и других нефтепродуктов. Дан их ком-
понентный состав, рассмотрены процессы получения и методы испытания.
Показано влияние основных видов топлива и смазочных материалов на
надежность и эффективность эксплуатации техники. Описаны присадки,
улучшающие эксплуатационные свойства смазочных материалов. Особое
внимание уделено применению консервационных и рабоче-консервационных
материалов для защиты от коррозии.

Предназначен для специалистов, занимающихся получением и приме-
нением топлива, смазочных материалов и технических жидкостей. Полезен
при подготовке кадров различной квалификации, связанных с производст-
вом и применением нефтепродуктов.

Т 2804020200—102
050(01)—89 102—89

ББК 6П7.43

ISBN 5—7245—0280—1

© Издательство «Химия», 1989

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение	7
 ГЛАВА 1. НЕФТЯНЫЕ ТОПЛИВА	 9
Бензины (Б. А. Энглин)	10
Свойства	10
Ассортимент, состав и качество авиационных бензинов	27
Ассортимент, состав и качество автомобильных бензинов	32
Реактивные топлива (Б. А. Энглин)	39
Свойства	40
Ассортимент, состав и качество реактивных топлив	60
Дизельные топлива (Т. Н. Митусова)	65
Свойства	68
Ассортимент, состав и качество дизельных топлив	77
Котельные, тяжелые моторные, газотурбинные и печное топлива (Т. Н. Митусова)	83
Котельные и тяжелые моторные топлива	84
Свойства	84
Ассортимент, состав и качество	100
Газотурбинное топливо	103
Печное топливо	106
 ГЛАВА 2. МОТОРНЫЕ МАСЛА	 108
Масла для карбюраторных двигателей и дизелей (В. Д. Резников, Н. А. Кузнецов)	108
Общие требования и свойства	108
Система обозначений и методы моторных испытаний	117
Ассортимент масел для карбюраторных двигателей	122
Масла для дизелей	125
Масла для авиационных двигателей (В. К. Гусев)	139
Масла для поршневых двигателей	139
Масла для турбореактивных двигателей	140
Масла для турбовитовых двигателей	143
Масла для вертолетов	147
Перспективные авиационные масла	147
Дополнительные технические характеристики масел	150
 ГЛАВА 3. ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА И РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ (Ш. К. Богданов)	 151
Трансмиссионные масла	151
Общие требования и свойства	151
Классификация трансмиссионных масел и система обозначений	154
Ассортимент трансмиссионных масел	158
Масла для гидромеханических передач	166
Осевые масла	169
Рабочие жидкости для гидравлических систем	170
Общие требования и свойства	170

Система обозначений рабочих жидкостей	172	Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы	335
Ассортимент и свойства рабочих жидкостей	175	Механизм действия ПИНС	336
Тормозные и амортизаторные жидкости	185	Ассортимент ПИНС	339
ГЛАВА 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА (Е. Е. Довгополый, Я. А. Берштадт)	189	ГЛАВА 8. СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА (Г. И. Чередниченко)	344
Турбинные масла	189	Назначение и классификация	344
Общие требования и свойства	189	Ассортимент, области применения и свойства СОТС	349
Ассортимент турбинных масел	190	Эксплуатационные требования	355
Электроизоляционные масла	192	Особенности применения СОТС	360
Трансформаторные масла	193	ГЛАВА 9. ПРИСАДКИ К МАСЛАМ (А. А. Фуфаев, С. Б. Борщевский)	363
Общие требования и свойства	193	Антиокислительные присадки	364
Ассортимент трансформаторных масел	196	Моющие-диспергирующие присадки	368
Масла для выключателей	196	Моющие присадки	368
Конденсаторные масла	199	Диспергирующие присадки	375
Кабельные масла	199	Присадки, улучшающие смазывающие свойства масел	376
Компрессорные масла	201	Депрессорные присадки	379
Масла для поршневых и ротационных компрессоров	201	Вязкостные присадки	381
Система обозначений и ассортимент	203	Антипенные присадки	383
Масла для турбокомпрессоров	207	ГЛАВА 10. НЕФТЯНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ, АРОМАТИЧЕСКИЕ УГ- ЛЕВОДОРОДЫ, КЕРОСИНЫ (В. В. Булатников, Л. Н. Тетерина)	384
Масла для компрессоров холодильных машин	208	Нефтяные растворители	384
Ассортимент масел	210	Ароматические углеводороды нефтяного происхождения	387
ГЛАВА 5. ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА (К. М. Бадыштова)	210	Керосины	391
Система обозначений	211	ГЛАВА 11. МАСЛА БЕЛЫЕ, ВАКУУМНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОНОСИТЕЛИ (Ш. К. Богданов)	392
Свойства	212	Масла белые	392
Ассортимент индустриальных масел	220	Масла вакуумные	395
Масла общего назначения	220	Масла технологические	398
Масла для легконагруженных высокоскоростных механизмов	226	Масла-теплоносители	402
Масла для гидравлических систем	227	ГЛАВА 12. РАЗНЫЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ (И. О. Колесник, Э. Д. Мамедова)	405
Масла для направляющих скольжения станочного оборудования	231	Твердые углеводороды	405
Масла для тяжелонагруженных узлов	235	Парафины	405
Масла для прокатных станков	240	Церезины	407
Масла цилиндровые	244	Вазелины	409
Специальные индустриальные масла	246	Коксы нефтяные	410
Приборные масла (В. К. Гусев)	250	Битумы	411
ГЛАВА 6. ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ (Ю. Л. Ницук, И. В. Лендвел)	257	Кислоты нефтяные	419
Назначение смазок	257	Библиографический список	421
Состав смазок	258	Указатель марок (Л. Н. Тетерина, В. Д. Резников)	424
Классификация смазок	266		
Свойства смазок	267		
Ассортимент и области применения смазок	275		
ГЛАВА 7. МАСЛОРАСТВОРИМЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ И КОНСЕРВАЦИОННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (Ю. Н. Шехтер, Т. И. Богданова, Н. И. Корох)	322		
Маслорастворимые ингибиторы коррозии	323		
Консервационные и рабочие-консервационные масла	328		

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ассортимент топлив, смазочных масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих технологических сред, защитных материалов и других продуктов на минеральной и синтетической основах, вырабатываемых Миннефтехимпромом СССР и рядом смежных отраслей промышленности, претерпел за последние годы существенные изменения. Значительное число сортов сняты с производства, организована выработка новых высокоэффективных топлив и смазочных материалов. Накопился большой научный и практический опыт по производству и применению новых нефтепродуктов, которые прошли государственные испытания и допущены к применению Государственной комиссией по испытанию топлив, масел, смазок и специальных жидкостей при Госстандарте СССР. В справочнике приведены показатели качества продуктов, вырабатываемых промышленностью, по состоянию на 1.01.1988 г., за исключением промышленных масел (для них учтено введение стандарта в 1988 г.).

Авторы ставили себе задачу не копировать государственные и отраслевые стандарты или технические условия, а характеризовать свойства нефтепродуктов наиболее важными показателями, увязать их с составом и областью применения. Для удобства пользования показатели качества ряда однотипных нефтепродуктов объединены в общие таблицы. Сведения по отечественным и зарубежным классификациям топлив и масел помогают определить возможную область применения импортруемых нефтепродуктов и выбрать смазочный материал для импортной техники. Однотипная компоновка глав дает возможность быстро найти нужный раздел.

Ряд разделов справочника содержит результаты научно-исследовательских работ, позволяющих наиболее полно раскрыть состав и свойства топлив и смазочных материалов.

Справочник следует рассматривать как руководство по качеству и применению нефтепродуктов. Во всех случаях при необходимости уточнения отдельных показателей качества нефтепродуктов или методов их испытаний, особенно при арбитражных операциях, следует обращаться к официальным изданиям Госстандарта СССР. Справочник не претендует на полноту информации по трибологическим и химмотологическим характеристикам топлив и смазочных материалов, в этом случае нужно пользоваться специальными изданиями.

Авторы будут считать свою задачу выполненной, если представленная информация будет способствовать улучшению эксплуатации техники, снижению расхода нефтепродуктов и техническому прогрессу в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

ВВЕДЕНИЕ

Современные наземные, воздушные и водные транспортные средства, сельскохозяйственные, дорожно-строительные, горнодобывающие, лесотехнические, мелиорационные машины и промышленное оборудование различных отраслей народного хозяйства, а также химические, нефтеперерабатывающие, металлургические, машиностроительные и другие технологии являются весьма энергоемкими. Рост единичной мощности транспортных средств и технологических процессов, до последнего времени достигаемый повышением энергопотребления, и расширение парка техники уже привели к предельному уровню потребления нефтепродуктов — одному из главных топливно-энергетических ресурсов. В этих условиях рациональное и эффективное использование горюче-смазочных материалов является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Сегодня к новой технике предъявляются жесткие и все возрастающие требования по повышению надежности, долговечности, а также снижению расхода топлива и смазочных материалов. Нефтепродукты, являясь эксплуатационными материалами, по своему влиянию на показатели работы техники равнозначны конструкционным материалам: металлам, резинам, пластмассам и др. Поэтому знание их состава, свойств, областей применения, эксплуатационных характеристик, токсикологических особенностей необходимо как работникам машиностроительных отраслей, специалистам, эксплуатирующим разнообразную технику, так и тем, кто занимается производством, транспортом и хранением нефтепродуктов.

Технический прогресс в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности позволил существенно улучшить качество реактивных и дизельных топлив, возросло производство высокоэффективных моторных и промышленных масел, пластичных смазок и смазочно-охлаждающих технологических средств, других нефтепродуктов. Это достигнуто за счет широкого использования гидрокаталитических процессов и эффективных присадок, повышающих функциональные свойства нефтепродуктов. Значительно обновились и изменились ассортимент нефтепродуктов. Вырабатываются новые сорта масел для карбюраторных двигателей легковых автомобилей, высокофорсированных дизе-

лей большегрузных автомобилей, появились новые сорта универсальных масел, способные работать как в карбюраторных двигателях, так и в дизелях. Нефтеперерабатывающая промышленность выпускает рабоче-консервационные и консервационные смазочные материалы, использование которых позволяет не только эксплуатировать, но и хранить технику. Нашли широкое применение многоцелевые пластичные смазки и индустриальные масла. Срок работы смазочных материалов в узлах трения существенно увеличился.

Следует подчеркнуть, что конструкции и материальному оформлению, а также условиям работы узла трения должен соответствовать определенный по составу и свойствам смазочный материал. От конструкции узла зависит, какой выбрать смазочный материал: жидкий, полужидкий, пластичный или твердый. Попытки в науке и на практике принизить либо преувеличить роль нефтепродуктов и в частности смазочных материалов всегда оканчивались неудачами. И это естественно. Смазочные материалы являются сложными композиционными продуктами, в состав которых входят многие компоненты и присадки, обуславливающие их свойства. Неправильно выбранный смазочный материал затруднит эксплуатацию техники, сократит ее ресурс и снизит надежность. Но даже самые «великолепные» образцы масел или смазок не могут увеличить ресурс работы узла трения или механизма в 1,5—2,0 раза, если этот ресурс не предусмотрен конструктором. В конечном счете смазочный материал должен иметь такой запас эксплуатационных свойств, который позволит нормально эксплуатировать узел трения на весь его ресурс работы, до установленного срока технического осмотра или ремонта. При этом правильно разработанный и выбранный смазочный материал не требует каких-либо других добавок в процессе эксплуатации.

Придавая особое значение правильному выбору топлива и смазочного материала, специалисты в области производства и применения нефтепродуктов рассматривают предварительные рекомендации машиностроительных предприятий и оказывают им техническое содействие.

Глава 1

НЕФТЯНЫЕ ТОПЛИВА

Назначение топлив — сгорая, выделять тепловую энергию, которая превращается затем в двигателях различного назначения в механическую или используется в котельных установках для получения водяного пара, а также для подогрева воды. С учетом технологии получения топлива подразделяют на дистиллятные и остаточные, которые объединяют следующие виды нефтепродуктов.

Дистиллятные топлива:

автомобильные и авиационные бензины для поршневых двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением;

реактивные топлива для воздушно-реактивных авиационных двигателей;

дизельные топлива для высокооборотных поршневых двигателей внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия;

газотурбинные топлива для судовых и стационарных энергетических установок;

печное бытовое для небольших котельных установок, используемых для отопления домов и в сельском хозяйстве.

Остаточные топлива:*

моторные топлива для средне- и малооборотных дизелей (устанавливаемых обычно на судах различного назначения); котельные топлива для транспортных и стационарных котельных установок (флотский и топочный мазуты).

В соответствии с назначением наиболее важным свойством для всех видов топлив является их способность обеспечить полноту сгорания с выделением наибольшего количества теплоты. Топливо может сгорать только в паровой фазе, т. е. предварительно оно должно быть полностью переведено из жидкого состояния в парообразное. Степень испарения топлива определяется условиями его применения и температурными пределами выкипания; для дистиллятных топлив основным показателем является их фракционный состав.

Объективные особенности топлив различного назначения, проявляемые в процессе их производства, транспортирования, хранения и применения в технике, характеризуются эксплуатационными свойствами. Согласно ГОСТ 4.25—83 («Система по-

* Как правило, эти топлива используют в смеси с дистиллятными фракциями.

казателей качества продукции. Нефтепродукты. Топлива жидкие. Номенклатура показателей») эксплуатационные свойства формируются из трех групп показателей по основным функциональным признакам: назначение, экология и сохраняемость.

БЕНЗИНЫ

Бензины предназначены для поршневых авиационных и автомобильных двигателей с принудительным воспламенением (от искры). Несмотря на различие в условиях их применения, авиационные и автомобильные бензины характеризуются общими показателями качества, определяющими их эксплуатационные свойства, различаясь между собой численными значениями, как правило, более низкими для автомобильных бензинов. В связи с этим эксплуатационные свойства бензинов рассматриваются совместно, без разделения их по назначению, но в отдельных случаях внимание акцентируется на специфике условий применения бензинов.

Основные свойства бензинов, обеспечивающие нормальную эксплуатацию двигателей:

полная испаряемость для достижения максимально возможной полноты сгорания;

высокая детонационная стойкость для предотвращения детонации при эксплуатации двигателя;

высокая химическая стабильность, предопределяющая отсутствие склонности к образованию отложений в топливной системе двигателя, а также нагарообразования в камере сгорания;

хорошая совместимость с материалами (низкая коррозионная агрессивность по отношению к металлам и отсутствие воздействия на резиновые технические изделия);

хорошие прокачиваемость и низкотемпературные свойства, обеспечивающие бесперебойную подачу бензинов в двигатель.

Свойства

Испаряемость. Нормальная работа современного многооборотного двигателя обеспечивается при сгорании топлива в возможно короткий срок, исчисляемый 0,002—0,004 с. Для столь малого времени сгорания топливо должно быть подготовлено: во-первых, полностью переведено из жидкого состояния в парообразное, и, во-вторых, введено в состав рабочей смеси в определенном соотношении с воздухом. Если в рабочей смеси, поступающей в цилиндр двигателя, часть топлива к моменту воспламенения остается в жидком состоянии (в виде капель), сгорание затягивается, так как оно происходит только с поверхности капли. В результате рабочая смесь догорает уже в конце такта расширения или даже в такте выхлопа, вследствие

этого увеличивается отдача тепла стенкам цилиндров, двигатель перегревается и его мощность и экономичность снижаются. При палочном к моменту сгорания большого количества неиспарившегося топлива состав рабочей смеси не соответствует тому оптимальному составу, который обеспечивает нормальную работу двигателя на данном режиме.

Полнота испарения топлива определяется скоростью испарения, обусловливаемой физическими свойствами топлива, а также факторами чисто эксплуатационного характера и конструкцией двигателя. К физическим свойствам топлива, от которых зависят скорость и полнота его испарения, относятся: температурные пределы выкипания топлива, характеризующие его фракционным составом, давление насыщенных паров, скрытая теплота испарения, коэффициент диффузии паров, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость. Эксплуатационные факторы определяются условиями применения топлива в двигателях, т. е. режимами их работы.

Топливо испаряется в основном в карбюраторе. Однако в зависимости от режима работы двигателя и фракционного состава топлива не весь бензин переходит в парообразное состояние. Часть его оседает в виде жидкой пленки во всасывающей системе двигателя, а это крайне нежелательно. В результате образования жидкой пленки рабочая смесь распределяется по цилиндрам двигателя неравномерно и в них поступают пары разного фракционного состава. В цилиндрах, куда поступает преимущественно паровоздушная смесь, концентрируются более низкокипящие фракции топлива, а в цилиндрах, в которые попадает больше жидкой пленки, преобладают более высококипящие фракции топлива. Жидкая пленка топлива, кроме того, попадая в цилиндры двигателя, смывает с их стенок масло и проникает через зазоры поршневых колец в картер двигателя. Это отрицательно сказывается на мощности и экономичности двигателя, при этом масло разжижается и износ двигателя увеличивается.

При непосредственном впрыске топлива под давлением 15—30 МПа подается в каждый цилиндр двигателя отдельно, что улучшает распределение рабочей смеси по цилиндрам и повышает точность дозирования топлива и как результат этого экономичность работы двигателя и его мощность.

Из всех физических свойств бензина в наибольшей степени зависит от его фракционного состава и давления насыщенных паров. При этом если по вязкости, поверхностному натяжению, теплоемкости и скрытой теплоте испарения бензины сравнительно мало различаются между собой, то по фракционному составу и давлению насыщенных паров они могут заметно отличаться. С фракционным составом бензина помимо испаряемости связаны и такие важные эксплуатационные

характеристики двигателя, как возможность и скорость его запуска при низких температурах, склонность к образованию паровых пробок в топливной системе двигателя, приемистость автомобиля, скорость прогрева двигателя, износ цилиндропоршневой группы, расход топлива.

Пусковые свойства и склонность к образованию паровых пробок в значительной мере определяются давлением насыщенных паров бензина: чем оно выше, тем больше и степень испарения бензина. Давление насыщенных паров зависит от температуры, уменьшаясь с ее понижением. По давлению насыщенных паров бензина определяют их концентрацию в рабочей смеси, поступающей в двигатель. При некотором давлении насыщенных паров бензина их концентрация в рабочей смеси становится меньше нижнего уровня ее воспламеняемости, и запуск двигателя становится невозможным. При концентрации паров бензина в рабочей смеси, даже незначительно превышающей уровень ее воспламеняемости, запуск двигателя при низких температурах также затруднителен. На рис. 1 показана зависимость температуры воздуха, при которой возможен пуск двигателя, от давления насыщенных паров бензина. Давление насыщенных паров бензина обычно определяют при 37,8°C в специальном приборе.

Для бензинов разного фракционного состава установлена зависимость между содержанием низкокипящих фракций бензина, температурой и легкостью запуска двигателя на автомобилях с различной конструкцией топливной системы. Температура воздуха, при которой возможен запуск двигателя, определяется по температуре начала кипения бензина и температурам выкипания 10 и 20% (об.), а также по объему

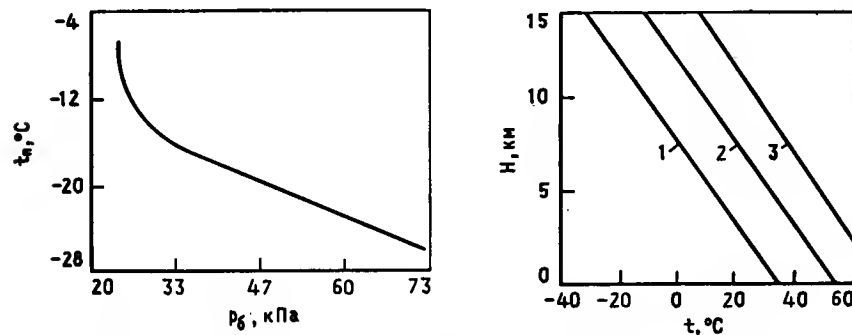


Рис. 1. Зависимость температуры воздуха t_n , при которой возможен пуск двигателя, от давления насыщенных паров бензина p_6

Рис. 2. Зависимость допустимой высоты полета самолета H от температуры бензина t при давлении его насыщенных паров: 1 — 86 кПа; 2 — 60 кПа; 3 — 34 кПа

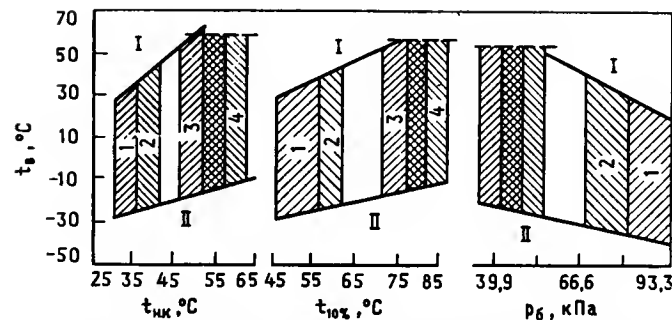


Рис. 3. Допустимая температура работоспособности автомобильных двигателей t_n в зависимости от фракционного состава (температура начала кипения — $t_{н.к}$ выкипания 10% (об.) — $t_{10\%}$) и давления насыщенных паров p_6 бензина:

1 — для северной климатической зоны; 2 — зимний; 3 — летний; 4 — для южной климатической зоны; I — образование паровых пробок; II — холодный двигатель не запускается.

бензина, испаряющемуся при 70°C. Для оценки пусковых свойств автомобильных бензинов наиболее характерна температура, при которой выкипает 10% (об.). Влияние температуры выкипания 10% (об.) бензина $t_{10\%}$ на минимальные температуры воздуха $t_{мин}^{возд}$, при которых возможен запуск двигателя с различной конструкцией топливной системы, можно оценить из следующих данных:

$t_{10\%}, ^\circ\text{C}$	48	59	64	68
$t_{мин}^{возд}, ^\circ\text{C}$	-22...-27	-19...-23	-16...-19	-13...-17
$t_{10\%}, ^\circ\text{C}$	75	77	86	
$t_{мин}^{возд}, ^\circ\text{C}$	-8...-13	-7...-12	-1...-8	

Склонность бензинов к потерям от испарения характеризует их физическую стабильность. Она зависит от фракционного состава бензинов и давления насыщенных паров, обусловленных их компонентным составом. Наибольшей склонностью к потерям от испарения обладают автомобильные бензины, в состав которых вовлекаются бутановая фракция с ГФУ и бутан-бутеновая фракция газов каталитического крекинга. Меньшие потери от испарения наблюдаются у автомобильных бензинов, в состав которых входят такие низкокипящие компоненты, как газовый бензин и изопентановая фракция.

В топливной системе двигателя возможно образование паровых пробок из-за интенсивного испарения бензина: при чрезмерном нагреве топлива в летнее время при подъеме самолета на высоту или при эксплуатации автомобилей в высокогорных условиях в результате снижения атмосферного давления. На рис. 2 представлена зависимость допустимой высоты полета самолета от давления насыщенных паров бензина при различ-

ных его температурах, а на рис. 3 — температурные пределы работоспособности автомобильных двигателей в зависимости от фракционного состава и давления насыщенных паров бензина.

Обледенение карбюратора происходит в результате замерзания капелек воды, поступающей с картерными газами, а также конденсирующейся из воздуха вследствие резкого снижения температуры рабочей смеси при интенсивном испарении бензина в карбюраторе. При температуре ниже 0°C на стенках карбюратора, в жиклере и в первую очередь на дроссельной заслонке образуется лед, что вызывает перебои в работе двигателя, а в особо неблагоприятных условиях двигатель останавливается.

Степень обледенения карбюратора зависит от температуры воздуха, его относительной влажности, испаряемости бензина, в основном от температуры выкипания 10% (об.), теплоты испарения входящих в состав бензина углеводородов и конструкции топливной системы двигателя. Легкоиспаряющиеся бензины почти полностью переходят в паровую фазу в карбюраторе, в результате отмечается наиболее значительное понижение температуры рабочей смеси. При применении таких бензинов обледенение карбюратора возможно в более широких диапазонах температур и относительной влажности воздуха. Наибольшая степень обледенения карбюратора имеет место при температуре воздуха $4,5^{\circ}\text{C}$. При этой температуре обледенение наблюдается уже при относительной влажности воздуха $\approx 60\%$, а при 100%-й влажности воздуха обледенение происходит в диапазоне температур от $-7 \dots -8^{\circ}\text{C}$ до $12 \dots 13^{\circ}\text{C}$ (рис. 4).

Для предотвращения обледенения предложено подогревать воздух, поступающий в карбюратор (конструктивные меры) или вводить в бензин антобледенительные присадки на местах

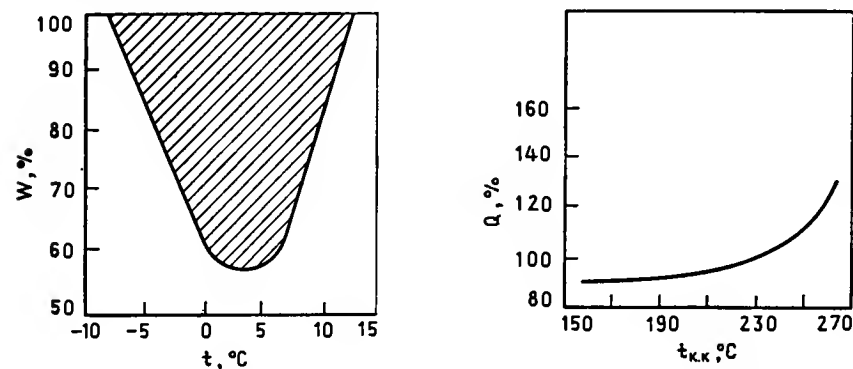


Рис. 4. Области температуры t и относительной влажности воздуха w , опасные для обледенения карбюратора

Рис. 5. Зависимость относительного расхода бензина Q при эксплуатации автомобиля от температуры конца кипения бензина $t_{к.к}$

их применения. Время прогрева двигателя зависит от температуры выкипания 50% (об.) бензина $t_{50\%}$ и температуры окружающей среды. По мере снижения $t_{50\%}$ прогрев двигателя ускоряется, особенно при низких температурах воздуха, улучшается при этом и приемистость двигателя, т. е. способность его переходить с одного режима работы на другой.

Для нормальной работы двигателя важное значение имеет равномерность распределения рабочей смеси по отдельным цилиндрам. Она определяется полнотой испарения бензина и характеризуется температурами выкипания 90% (об.) и конца кипения бензина. При высоких значениях этих температур наиболее высококипящие фракции бензина не успевают испариться во впускном трубопроводе двигателя и в виде жидкой пленки поступают в цилиндры. Как было уже отмечено, вследствие неполного сгорания бензина в камере сгорания повышается его расход и снижаются экономичность и мощность двигателя (рис. 5).

Детонационная стойкость. Этот показатель для авиационных и автомобильных бензинов является основным и характеризует способность топлива сгорать в двигателе с воспламенением от искры без детонации. При определенных условиях работы двигателя нормальный процесс сгорания топлива нарушается, и скорость распространения фронта пламени резко возрастает, достигая $2000\text{--}2500$ м/с. Сгорание принимает взрывной, или детонационный характер, который сопровождается очень высокими местными повышениями температуры и давления, резким металлическим звуком и падением мощности. Наиболее склонна к детонационному сгоранию, или к детонации та часть рабочей смеси, которая сгорает последней. Детонация приводит к перегреву двигателя, неполному сгоранию топлива, дымлению отработавших газов, падению мощности, прогару поршней и выводу двигателя из строя. Эксплуатировать двигатель при наличии детонации нельзя. Склонность топлива к детонации зависит от его углеводородного состава, а также от конструктивных и эксплуатационных факторов.

Детонационную стойкость бензинов определяют на одноцилиндровых двигателях с переменной степенью сжатия и выражают в единицах октанового числа, а для авиационных бензинов, кроме того, и в виде сортности. Октановое число оценивают на бедной рабочей смеси, а сортность — на богатой.

Октановое число есть показатель детонационной стойкости топлива, численно равный содержанию (в % об.) изооктана в смеси его с n -гептаном, которая по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытываемому в стандартных условиях. Так, топливо с октановым числом 90 по своей детонационной стойкости эквивалентно смеси, состоящей из 90% (об.) изооктана и 10% (об.) n -гептана.

Октаиновое число автомобильных бензинов определяют двумя методами: моторным на установках ИТ9-2М или УИТ-65 (ГОСТ 511—82) и исследовательским на установках ИТ9-6 или УИТ-65 (ГОСТ 8226—82), а октаиновое число авиационных бензинов — только моторным. Детонационный режим двигателей установок достигается изменением степени сжатия. Октаиновое число автомобильных бензинов определяют также по методу детонационных испытаний на полиразмерных автомобильных двигателях в стендовых и дорожных условиях (ГОСТ 10373—75). Установки ИТ9-2М, ИТ9-6 и УИТ-65 имеют однотипные одноклещидровые двигатели, агрегаты и приборы, но условия испытания на них разные. На универсальной установке УИТ-65 можно определять октаиновое число моторным и исследовательским методами. Режимы испытаний при определении октаиновых чисел бензинов по моторному и исследовательскому методам, представлены ниже:

Установка для испытаний Двигатель	Моторный метод	Исследовательский метод
	ИТ9-2М или УИТ-65 Одноклещидровый с переменной степенью сжатия	ИТ9-6, УИТ-65
Размеры двигателя, мм:		
диаметр цилиндра	85	85
ход поршня	115	115
Частота вращения вала, об/мин	900±10	600±10
Температура, °С:		
в системе охлаждения	100±2	100±2
воздуха	40÷50	52±2
смеси	149±1	Не подогревается
масла в картере	50—75	50—75
Угол опережения зажигания,	От 26 (ε-5)	13
°ПВК до ВМТ	до 19 (ε-7)	
Состав смеси	Соответствует максимуму детонации	

Как видно, условия определения октаинового числа по моторному методу более жесткие, чем по исследовательскому. В связи с этим октаиновое число бензина, как правило, по исследовательскому методу выше октаинового числа по моторному. Разница в октаиновых числах бензина, определенных обоими методами, называется *чувствительностью* бензина. В зависимости от углеводородного состава бензинов их чувствительность колеблется в широких пределах. Наиболее чувствительны к режиму работы двигателя непредельные и ароматические углеводороды. Поэтому наибольшую чувствительность (10—12 единиц) имеют бензины каталитического риформинга жесткого режима, содержание ароматических углеводородов в которых превышает 60—65%. Средней чувствительностью обладают бензины термического крекинга и коксования. В зависимости от содержания в них непредельных углеводородов их чувствительность составляет 4—7 единиц. Наименьшую чувствительность (±1—2 едини-

цы) имеют бензины, состоящие преимущественно из парафиновых углеводородов: бензины прямой перегонки и газовый бензин.

Сортиность оценивают на стандартном одноклещидровом двигателе ИТ9-1 (ГОСТ 3338—68). В качестве эталонного топлива при определении сортиности, равной 100 и выше, применяют технический эталонный изооктан (ТЭИ, ГОСТ 12433—66) в чистом виде и с разным содержанием антидетонатора — тетраэтилсвинца, вводимого в него в виде этиловой жидкости. При определении сортиности ниже 100 используют смеси ТЭИ с *n*-гептаном. Детонационная стойкость ТЭИ, выражаемая в единицах сортиности, принята равной 100, а *n*-гептана — равной 0. Сортиность находят по специальной шкале в соответствии с ГОСТ 3368—68.

Сортиность топлива — это показатель детонационной стойкости на богатой смеси, который определяют при испытании на одноклещидровом двигателе в стандартных условиях на режиме начальной детонации в сравнении с эталонным топливом по среднему индикаторному давлению (мощности). Так, сортиность топлива 130 означает, что допустимый прирост мощности до начала детонации на данном топливе в условиях работы стандартного одноклещидрового двигателя на 30% больше, чем на ТЭИ.

Детонационная стойкость авиационных и автомобильных бензинов определяется их углеводородным составом и наличием антидетонатора, вводимого в малых концентрациях для улучшения антидетонационных свойств бензина. В зависимости от преимущественного содержания в бензинах углеводородов того или иного класса и их строения, а также концентрации антидетонатора детонационная стойкость бензинов колеблется в очень широких пределах. Для парафиновых углеводородов она снижается с повышением молекулярной массы и повышается по мере разветвления молекулы. Детонационная стойкость непредельных углеводородов с открытой структурой (олефины) как нормального строения, так и имеющих одну метильную группу в цепи значительно выше, чем у соответствующих им по строению парафиновых углеводородов. Наиболее высокой детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды. Октаиновое число их по моторному методу превышает 90 единиц, достигая, например, для бензола 111,6. Как и у нефтяных углеводородов октаиновые числа ароматических углеводородов при увеличении боковой неразветвленной цепи снижаются, но менее резко, а разветвление боковой цепи сказывается незначительно на октаиновом числе. Наличие двух или нескольких CH_3 -групп в молекуле ароматических углеводородов повышает детонационную стойкость, а при переходе от *пара-* к *орто-*изомеру октаиновое число понижается.

Структура углеводородов оказывает большое влияние на повышение детонационной стойкости при добавлении к ним антидетонатора. Из всех классов углеводородов наиболее восприимчивы к последнему парафиновые углеводороды, причем, как правило, чем ниже октановое число углеводорода, тем восприимчивее он к антидетонатору. Наименее восприимчивы к нему ароматические и непредельные углеводороды, особенно сильно разветвленные. Низкооктановые олефины более восприимчивы к антидетонатору. Нафтеновые углеводороды занимают промежуточное положение, и среди них низкооктановые также наиболее восприимчивы к антидетонатору. Восприимчивость к антидетонатору существенно снижается при наличии в автомобильном бензине сернистых соединений.

Детонационная стойкость авиационных бензинов на богатой смеси, или их сортность, зависит от структуры входящих в их состав углеводородов, и, как правило, чем выше октановое число углеводорода, тем выше и его сортность. Однако такая зависимость характерна для каждого класса углеводородов отдельно, но не всегда. Еще заметнее нарушается эта зависимость при сравнении октанового числа и сортности углеводородов различных классов. Максимальные значения сортности (>200) имеют ароматические углеводороды, циклопентан и некоторые сильно разветвленные парафиновые углеводороды, например 2,2,3-триметилбутан (триптан). Высокая сортность характерна для других низкомолекулярных нафтенных углеводородов. Сортность малоразветвленных парафиновых углеводородов и особенно нормального строения чрезвычайно низкая.

Бензины большинства технологических процессов, как правило, не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к автомобильным и особенно авиационным бензинам по детонационной стойкости. В связи с этим широко используют высокооктановые компоненты, которые добавляют в базовые бензины в количестве 5—30%, и антидетонаторы. Применение последних по сравнению с высокооктановыми компонентами более эффективно и значительно экономичней. Поэтому во все авиационные и в подавляющую массу автомобильных бензинов вводят антидетонатор — тетраэтилсвинец (ТЭС), а за рубежом также и тетраметилсвинец (ТМС).

Согласно механизма действия тетраэтилсвинца (как и тетраметилсвинца), при повышенных температурах, предшествующих сгоранию бензинов, происходит диссоциация ТЭС с образованием свинца: $Pb(C_2H_5)_4 \rightarrow Pb + 4C_2H_5$. Окисляясь, он образует диоксид свинца PbO_2 . Последний, взаимодействуя с первичными продуктами окисления углеводородов — пероксидами, накопление которых в рабочей смеси обуславливает детонационное сгорание, разрушает их с образованием малоактивных продуктов окисления и оксида свинца и тем самым предотвращает детонацию:



Оксид свинца имеет высокую температуру плавления ($880^\circ C$) и способен отлагаться в виде твердого продукта (нагара) на отдельных деталях двигателя (на днищах поршней, в камере сгорания, на электродах свечей зажигания и выпускных клапанах), ухудшая работу двигателя и сокращая его ресурс. Для предотвращения этого в бензин вводят соединения, способные образовывать с оксидами свинца более летучие продукты, выносимые из двигателя вместе с отработавшими газами. В качестве таких используют галогенопроизводные органические соединения, в основном бромиды. Смесь ТЭС с выносителем называют *этиловой жидкостью*. Соотношение антидетонатора и выносителя в этиловой жидкости устанавливают с учетом того, чтобы не только полностью связать свинец в его галогенид, но и иметь некоторый запас выносителя (10—15%).

Свинцовые антидетонаторы очень ядовиты и потому повышают токсичность бензинов. Этиловая жидкость бесцветна, и в целях безопасности ее окрашивают в светло-желтый цвет, добавляя на 1 кг этиловой жидкости 0,4 г красителя — жирорастворимого желтого К. Тетраэтил- и тетраметилсвинец при хранении склонны к окислению с образованием оксида свинца, в связи с чем в этиловую жидкость вводят антиокислитель — 0,02—0,03% л-оксидифениламина.

В Советском Союзе вырабатывают две марки этиловой жидкости — Р-9 и П-2, различающиеся выносителем: в жидкости Р-9 этилбромид в смеси с небольшим количеством хлорнафталина, а в П-2 — смесь последнего с дибромпропаном. Содержание компонентов в этиловой жидкости равно [% (масс.)]:

	Р-9	П-2
Тетраэтилсвинец	$\geq 54,0$	$\geq 55,0$
Этилбромид	$\geq 33,0$	—
Дибромпропан	—	$\geq 34,4$
Хлорнафталин	$6,8 \pm 0,5$	$5,5 \pm 0,5$
Наполнитель (бензин-70)	≤ 100	≤ 100
л-Оксидифениламин	0,02—0,03	0,02—0,03

Ввиду невысокой температуры кипения ($38^\circ C$) этилбромид сравнительно легко улетучивается из бензина при хранении и транспортировании, в результате при сгорании бензина не весь оксид свинца связывается этилбромидом с образованием летучего бромид свинца, что вызывает повышенные отложения оксида свинца в двигателе. Температура кипения дибромпропана значительно выше ($132^\circ C$), и он из бензина при хранении и транспортировании не улетучивается.

Эффективность этиловой жидкости должна составлять 17 октановых единиц по моторному методу при добавлении на 1 кг смеси, состоящей из 70% (об.) эталонного изоктана и 30% (об.) эталонного *n*-гептана, 2 см³ Р-9 или 1,7 см³ П-2. Стабильность этиловой жидкости при хранении контролируют по периоду стабильности: не менее 7 ч при выпуске этиловой жидкости и не менее 2 ч после ее хранения.

Бромид свинца, образующийся при сгорании этилированных бензинов и выбрасываемый в атмосферу с отработавшими газами, также ядовит, и потому применение таких бензинов крайне нежелательно. Кроме того, бромид свинца дезактивирует платиновые и палладиевые катализаторы, используемые в нейтрализаторах с целью дожигания содержащихся в отработавших газах оксида углерода и несгоревших углеводородов. Во всех странах мира и Советском Союзе разрабатываются мероприятия по сокращению и полному прекращению выработки этилированных бензинов путем замены их на высокооктановые компоненты и оптимизации требований к детонационной стойкости бензинов. В 1985 г. доля выработки неэтилированных бензинов в СССР составила $\approx 25\%$.

Следует отметить, что тетраметилсвинец имеет некоторые преимущества перед тетраэтилсвинцом — он эффективнее последнего в высокооктановых бензинах (на 0,5—1,0 октановую единицу), имеет более высокую температуру разложения и более низкую температуру кипения — 110 °С (ТЭС — 200 °С). Поэтому ТМС равномернее распределяется по цилиндрам двигателя, в результате улучшается равномерность распределения детонационной стойкости по фракционному составу бензина.

В качестве высокооктанового компонента бензинов за рубежом нашел применение *трет*-бутилметиловый эфир (ТБМЭ)*, получаемый взаимодействием изобутена с метанолом. Эфир кипит при 55 °С и, имея высокие значения октановых чисел (115—135 по исследовательскому и 98—100 по моторному методу), он, в отличие от метанола, не ядовит, хорошо растворяется в бензине и плохо — в воде. Введение *трет*-бутилметилового эфира в бензин в количестве 11% позволяет получить неэтилированный бензин АИ-93 с вовлечением в него до 15—20% низкооктановых компонентов. При этом снижаются температура запуска двигателя на 8—12 °С и токсичность отработавших газов и, несмотря на более низкую теплоту сгорания эфира (35 200 кДж/кг), экономичность двигателя не ухудшается, а в городских условиях повышается на 3—5% вследствие снижения неравномерности распределения детонационной стойкости бензина по фракциям.

Неэтилированные бензины А-76 и АИ-93, содержащие до 11% *трет*-бутилметилового эфира, допущены к применению, и в ближайшее время намечено их промышленное производство.

Химическая стабильность топлив характеризует их склонность к окислению при длительном хранении, транспортировании и перекачках. Химическая стабильность автомобильных бензинов обуславливается, прежде всего, наличием в них непредельных углеводородов, которые отличаются повышенной склонностью к окислению. Наиболее склонны к окислению диены, имеющие сопряженные двойные связи, особенно циклические. Мало устойчивы против окисления и ароматические углеводороды с двойной связью в боковой цепи. Более устойчивы циклические олефины и наиболее стабильны олефины, причем низкомолекулярные олефины менее стабильны, чем высокомолекулярные того же строения. С разветвлением структуры молекулы олефина или при приближении двойной связи к ее середине стабильность олефинов понижается. Диены с удаленными друг от друга двойными связями по стабильности приближаются к олефинам. Под влиянием различных факторов (температура, кислород воздуха, каталитическое воздействие металлов, свет и др.) они быстро окисляются и полимеризуются с

образованием смолистых веществ и кислот. Накапливаясь в бензине, смолистые вещества резко ухудшают его эксплуатационные свойства.

Образование смолистых веществ в результате окисления непредельных углеводородов под воздействием кислорода воздуха при обычных температурах проходит ряд промежуточных стадий. Первичными продуктами окисления углеводородов являются гидропероксиды — соединения мало устойчивые и склонные к быстрому превращению по различным направлениям, в зависимости от условий окисления. При низких температурах, характерных для хранения бензинов, гидропероксиды в основном взаимодействуют с исходными углеводородами с преимущественным образованием спиртов, которые, окисляясь, образуют альдегиды, кетоны и кислоты, в свою очередь претерпевающие дальнейшие изменения. Наряду с этим гидропероксиды непредельных углеводородов способны полимеризоваться и инициировать реакции полимеризации непредельных углеводородов, приводя к образованию смолистых веществ. В начальной стадии окисления содержание в бензине смолистых веществ незначительно, и они полностью растворимы в нем. По мере дальнейшего окисления содержание смолистых веществ возрастает, строение их усложняется и растворимость в бензине снижается. На некоторой стадии окисления бензина, определяемой условиями хранения, характером присутствующих непредельных углеводородов и рядом других факторов, растворимость смолистых веществ падает настолько, что они выпадают из топлива, отлагаясь на стенках и дне емкостей, трубопроводов или в баке автомобиля.

Склонность автомобильных бензинов к смолообразованию в большей степени зависит от температуры, резко возрастающей с ее повышением, от поверхности соприкосновения бензинов с воздухом и с металлами, от интенсивности обмена воздуха, а также от каталитического воздействия металлов. Сильное воздействие на химическую стабильность бензина оказывает медь, слабее — свинец.

В авиационных бензинах содержание непредельных углеводородов незначительно, и потому их химическая стабильность, прежде всего, обуславливается наличием тетраэтилсвинца. Последний при хранении бензина легко окисляется с образованием оксида свинца, нерастворимого в бензине и выпадающего из него в виде осадка.

Этилированные автомобильные бензины содержат тетраэтилсвинец в меньшем количестве, чем авиационные. В автомобильных бензинах, как правило, содержатся непредельные углеводороды, более склонные к окислению, чем тетраэтилсвинец, поэтому наличие последнего обычно не лимитирует химическую стабильность бензинов.

* Известный под прежним названием МТБЭ — метил-*трет*-бутиловый эфир.

Для повышения химической стабильности автомобильных и этилированных авиационных бензинов к ним добавляют антиокислители:

Бензин (ГОСТ)	Антиокислитель	Концентрация, %
Авиационный (ГОСТ 1012—72)	<i>n</i> -Оксидафениламин	0,002—0,010
Автомобильный (ГОСТ 2034—77)	»	0,007—0,010
	Древесно-смоляной	0,05—0,15
	ФЧ-16	0,03—0,10
	Ионол	0,03—0,10

Кроме того, допущены к применению в качестве антиокислителей к авиационным бензинам — ионол (0,01%) и к автомобильным бензинам агидол-12 (до 0,3%). Концентрация антиокислителей в автомобильных бензинах определяется из расчета на компонент, содержащий ненасыщенные углеводороды. Древесно-смоляной антиокислитель проявляет невысокую эффективность и ограниченно растворим в бензинах, поэтому объемы применения его снижаются. Плохой растворимостью в бензинах (и хорошей в воде) обладает антиокислитель ФЧ-16. В связи с этим антиокислители древесно-смоляной и ФЧ-16 постепенно заменяют на ионол и агидол-12.

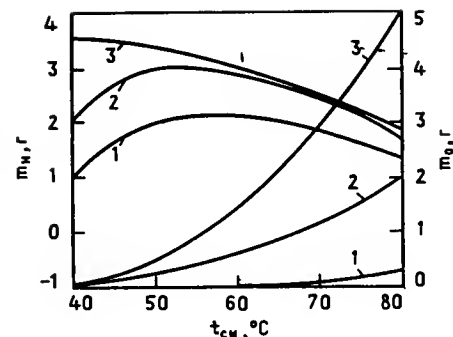
Ионол (Агидол-1) — торговое наименование фенольного соединения 2,6-дигрет-бутил-4-метилфенол (2,6-ди-трет-бутил-*n*-крезол). Он представляет собой твердое вещество, хорошо растворимое в бензинах и нерастворимое в воде, поэтому не вымывается из бензинов водой. Ионол производят в больших промышленных масштабах, но он сравнительно дорог. Поставляется потребителю в фанерных барабанах или деревянных бочках со вставленными внутрь бумажными мешками, либо в четырех- и пятислойных бумажных мешках.

Агидол-12 представляет собою 50%-й раствор в толуоле или в сильноароматизированной бензиновой фракции кубового остатка, получаемого в процессе регенерации метанола при производстве ионола. Он хорошо растворим в бензине. По эффективности незначительно уступает ионолу, но значительно дешевле его.

В табл. 1.1 приведена характеристика антиокислителей, применяемых в автомобильных и авиационных бензинах (стр. 24—25).

Склонность к образованию отложений и нагарообразованию. Применение бензинов, в состав которых входят нестабильные в отношении окисления непредельные углеводороды, а также соединения, содержащие азот, кислород и серу, вызывает образование отложений на деталях двигателя и в его топливной системе. Отложения наблюдаются в топливном баке, карбюраторе, во всасывающем коллекторе, на клапанах, в камере сгорания, на нижних поверхностях поршня, на поршневых кольцах и в картере. Отложения в двигателе и топливной системе нарушают нормальную эксплуатацию двигателя и могут привести к его остановке и аварии. Состав отложений и скорость их

Рис. 6. Зависимость массы отложений во всасывающем трубопроводе m_o и нагара в цилиндрах двигателя m_n от температуры рабочей смеси $t_{см}$ при применении бензинов с различным содержанием фактических смол: 1—3 — 3, 18 и 35 мг/100 см³ соответственно



накопления зависят от конструктивных особенностей и режима эксплуатации двигателя.

При применении бензинов, содержащих смолистые и смолообразующие соединения (непредельные углеводороды, азот-, кислород- и серосодержащие соединения), наблюдается дальнейшее окисление смолообразующих соединений в смолистые вещества с выпадением последних из топлива. Процесс протекает особенно энергично в карбюраторе и во всасывающем коллекторе, где, несмотря на малый промежуток времени, условия для окисления наиболее благоприятны — большой избыток воздуха, повышенные температуры и хорошее распыление. Так как в топливной системе испаряется основная масса бензина, там легко достигается минимальная концентрация смолистых веществ, выше которой начинается их выпадение из бензина.

На рис. 6 показано влияние температуры рабочей смеси на массу отложений во всасывающем коллекторе и нагара в цилиндрах двигателя при применении бензинов с разным содержанием фактических смол.

Наряду со смолообразующими соединениями нагарообразование в двигателях вызывают ароматические углеводороды, соединения серы и этиловая жидкость, содержащиеся в бензинах. Влияние соединений серы и ТЭС на склонность бензина к нагарообразованию в двигателе можно оценить по массе нагара:

Содержание:					
тетраэтилсвинца, г/кг	0	0,27	0,54	1,0	1,5
серы, %	0,046	0,100	0,200	—	0,367
Масса нагара, *:					
на пластинке, мг/г	2,0	7,6	8,8	12,7	14,0
в двигателе, г	1,90	2,93	4,26	—	5,7

* Влияние на нагар серы исследовалось на двигателе, а тетраэтилсвинца — на пластинке.

Эксплуатационные свойства бензинов. Совместимость с материалами. Автомобильные и авиационные бензины при хране-

Таблица 1.1. Характеристики антиокислителей, применяемых в бензинах

Показатель	ФЧ-16 (ТУ 38 101602—76)	Древесно-смоляной (ГОСТ 3181—67)	л-Оксиди- фенильная	Июнол (ОСТ 33.01420—84)		Агдола-12 (ТУ 38 40118—86)
				высший сорт	первый сорт	
Внешний вид	Маслянистая однородная жидкость без механических примесей	Маслянистая жидкость	Твердая плавленая масса	Кристаллический однородный порошок без посторонних примесей		Однородная подвижная жидкость
Цвет	От коричневого до темно-коричневого	Темный	Серый	Белый		От светло-коричневого до коричневого
Температура плавления, °С	—	—	69—74	69,8—70	69,5—70	—
Разность температур между началом и концом плавления, °С, не более	—	—	—	0,4	1,0	—
Температура кристаллизации, °С	—	—	—	≥69,0	≥69,0	≤−50,0
Плотность при 20 °С, кг/м³	≥1000	1060—1100	—	—	—	≥910
Кислотное число, мг КОН/г, не более	25	30	—	—	—	—
Прирост содержания смол при добавлении антиокислителя, мг, не более	2,0	2,0	—	—	—	—
Зольность, %, не более	—	—	0,05	0,008	0,01	—
Содержание, % (масс.): воды, не более	2	6	—	Отсутстве		Следы
фенола, не менее	85	60	—	—	—	—

Примечания.

1. Для ФЧ-16 фракционный состав: до 220 °С — ≤5% (об.), до 265 °С — ≥98% (об.), содержание остатка, выкипающего при >265 °С, — ≤2% (масс.).
2. Для древесно-смоляного антиокислителя: фракционный состав: до 240 °С — ≤25% (об.), до 260 °С — ≤55% (об.); прирост содержания смол при добавлении 50 мг антиокислителя — ≤1,5 мг/100 см³.
3. Для л-оксидифениламина: рН водной вытяжки — нейтральная; содержание примесей, нерастворимых в бензоле (4 г продукта в 100 см³ бензола), — ≤0,2%; растворимость в бензине Б-70 — при добавлении к 100 см³ бензина 0,75 см³ раствора л-оксидифениламина в бензоле (4 г на 100 см³) раствор должен остаться прозрачным.
4. Для агдола-12: содержание активного компонента — ≥50% монола и основания Манниха в активном компоненте — >65%, в том числе >55% монола; индукционный период (мин) бензина термического крекинга (0,03% агдола-12 на активный компонент) должен быть на уровне индукционного периода того же бензина, содержащего 0,02% монола.
5. Для июнола: при длительном хранении допускается изменение цвета до слабо-желтого.

нии, транспортировании и применении могут вызывать коррозию материалов, из которых изготавливаются трубопроводы, резервуары и баки машин (сталь), а также их топливные системы и арматура (сталь, латунь и другие сплавы). Коррозионная агрессивность бензинов обуславливается наличием в них меркаптанов, органических кислородсодержащих соединений кислотного характера и возможным попаданием в них водорастворимых неорганических кислот и щелочей, сероводорода и свободной серы, содержание которых в бензинах не допускается. Коррозионную агрессивность бензинов оценивают по испытанию на медную пластинку или показателю кислотности.

Сернистые соединения других классов, которые могут присутствовать в бензинах, сами не проявляют по отношению к материалам коррозионную активность, однако продукты их сгорания, в основном диоксид серы, вызывают износ деталей двигателя, что ухудшает его мощностные и экономические показатели. В связи с этим содержание серы в авиационных и автомобильных бензинах строго регламентируется.

При содержании в бензинах не более 45% ароматические углеводороды не оказывают отрицательного воздействия на резиновые технические изделия, используемые в топливных системах автомобилей и самолетов.

Прокачиваемость. Бензины застывают при температуре ниже -60°C , имеют низкую вязкость и очень пологую вязкостно-температурную зависимость. Они хорошо прокачиваются при низких температурах, но обладают плохими противонзносными свойствами. Ввиду отсутствия в топливных системах карбюраторных двигателей трущихся деталей, нуждающихся в смазке, низкие противонзносные свойства бензинов не являются их отрицательным качеством.

Важным показателем качества бензинов, прежде всего авиационных, является их *теплота сгорания*, влияющая на удельный расход топлива и связанную с ним дальность полета самолетов. Различают теплоты сгорания высшую и низшую ($Q^{\text{в}}_{\text{сг}}$ и $Q^{\text{н}}_{\text{сг}}$). $Q^{\text{в}}_{\text{сг}}$ учитывает и то тепло, которое выделяется при конденсации паров воды, образовавшейся при сгорании углеводородов топлива. Вследствие того, что температура продуктов сгорания в двигателе выше температуры конденсации водяных паров, для бензинов определяют только $Q^{\text{н}}_{\text{сг}}$. Она зависит от углеводородного состава бензинов, т. е. от отношения Н/С в углеводородах, повышаясь с возрастанием этого отношения. Наибольшей $Q^{\text{н}}_{\text{сг}}$ обладают парафиновые углеводороды, имеющие максимальное отношение Н/С, а наименьшей $Q^{\text{н}}_{\text{сг}}$ ароматические, в связи с чем бензины, обогащенные ароматическими углеводородами, обладают более низкой теплотой сгорания. Низшая теплота сгорания бензинов колеблется в

сравнительно узких пределах. Для автомобильных бензинов она не регламентируется, а для авиационных — должна быть не ниже 42 947 кДж/кг.

Ассортимент, состав и качество авиационных бензинов

В настоящее время вырабатывают авиационный бензин двух марок: Б-95/130 и Б-91/115 (ГОСТ 1012—72); числитель означает октановое число бензина по моторному методу, знаменатель — сортность на богатой смеси. Характеристики авиационных бензинов представлены в табл. 1.2.

Авиационные бензины выпускают в этилированном виде с содержанием тетраэтилсвинца не более 3,1 г/кг и 2,5 г/кг для бензинов Б-95/130 и Б-91/115 соответственно. Для безопасности в обращении, а также для маркировки в этилированные бензины вводят жирорастворимые красители:

Марка бензина	Цвет	Краситель (концентрация, мг/кг)
Б-95/130	Желтый	Желтый К ($6 \pm 0,1$)
Б-91/115	Зеленый	Зеленый 6Ж или зеленый антрахиноновый ($6 \pm 0,1$)

Авиационные бензины представляют собою смесь компонентов, получаемых разными технологическими процессами. В отличие от автомобильных бензинов в состав авиационных вовлекают продукты ограниченного числа процессов, при этом даже самый низкооктановый компонент имеет относительно высокую детонационную стойкость — октановое число по моторному методу без ТЭС в пределах 70—74 единиц.

В бензинах одноступенчатого каталитического крекинга содержится до 30% непредельных углеводородов, отличающихся невысокой химической стабильностью, поэтому такие бензины в авиационной технике не используют. Их подвергают вторичной каталитической обработке и в результате изомеризации, гидрирования и частичной ароматизации непредельных углеводородов содержание их в бензине снижается до 1,5—3,5%; одновременно несколько повышается его детонационная стойкость. Но и такое, довольно незначительное количество непредельных углеводородов в бензинах может вызывать отложения смолистых веществ во всасывающей системе авиационных двигателей. В связи с этим расширилось использование бензина каталитического риформинга в качестве базового для получения авиационного бензина. Например, замена бензина каталитического крекинга на бензин риформинга положительно сказалась на таких характеристиках авиационных бензинов, как модное число, период стабильности, содержание фактических смол. Использование в авиационной технике бензина

Таблица 1.2. Характеристики авиационных бензинов (ГОСТ 1012—72)*

Показатель	Б-95/130	Б-91/115
Содержание тетраэтилсвинца, г/кг бензина, не более	3,1	2,5
Детонационная стойкость:		
октановое число (моторный метод), не менее	95	91
сортность, не менее	130	115
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг), не менее	42947(10250)	42947(10250)
Фракционный состав, °С:		
н. к., не ниже	40	40
10% (об.), не выше	82	82
50% (об.), не выше	105	105
90% (об.), не выше	145	145
97,5% (об.), не выше	180	180
остаток (%), не более	1,5	1,5
Давление насыщенных паров, кПа (мм рт. ст.);		
не менее	33,325(250)	29,326(220)
не более	45,422(340)	47,988(360)
Кислотность, мг КОН/100 см ³ бензина, не более	0,3/1,0	0,3/1,0
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	—60	—60
Иодное число, г I ₂ /100 г бензина, не более	6,0/10,0	2,0
Содержание, %, не более:		
ароматических углеводородов	35/—	35/—
серы	0,03/0,05	0,03/0,05
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
механических примесей и воды	Отсутствие	

Продолжение

Показатель	Б-95/130	Б-91/115
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более	4	3
Прозрачность	Прозрачный	
Цвет	Желтый	Зеленый
Содержание л-оксидифениламина, %	0,002—0,005	0,002—0,005
Период стабильности, ч, не менее	12/8	12/8
Плотность при 20 °С	Не нормируется. Определение обязательно	

* В числителе приведены значения для марки первого сорта, а знаменателе — второго сорта.

Примечания.

1. Для бензина Б-91/115, получаемого на основе компонента каталитического крекинга, иодное число — не более 10 г I₂/100 г и содержание фактических смол — не более 4 мг/100 см³.
2. Для бензина Б-91/115 первого сорта, получаемого прямой перегонкой, октановое число — не менее 91,5 (моторный метод).
3. Для бензинов, вырабатываемых из бакинских нефтей, допускается содержание л-оксидифениламина 0,004—0,010%, на базе бензинов каталитического крекинга — не менее 0,004%.
4. С 1 мая по 1 октября нижний предел давления насыщенных паров не служит браковочным признаком, за исключением бензинов, отгружаемых на длительное хранение.
5. Для бензинов, сдаваемых после длительного хранения (более двух лет), при определении фракционного состава по ГОСТ 2177—82 допускаются отклонения для температур выкипания перегонки 10 и 50% (об.) на 2 °С и 90% (об.) на 1 °С. Бензины после длительного хранения допускается сдавать с периодом стабильности не менее 2 ч.
6. Примечания 1—5 не распространяются на бензины, предназначенные для экспорта.
7. Для бензинов с добавлением базового компонента крекинга теплота сгорания низшая должна быть не менее 43157 кДж/кг (10300 ккал/кг).
8. Плотность определяется для бензинов, предназначенных для экспорта.

Б-91/115, получаемого на базе бензина каталитического риформинга, позволило отменить промывку всасывающей системы двигателя от смолистых отложений. Улучшилось одновременно и качество бензина каталитического крекинга за счет использования цеолитсодержащего катализатора, что позволило снизить содержание непредельных углеводородов в бензине, а следовательно, и его склонность к окислению, повысить детонационную стойкость бензина.

В качестве высокооктановых компонентов авиационных бензинов используют алкилат (алкилбензин), содержание которого в бензине Б-95/130 достигает 70%, в небольшом объеме технический изооктан и ароматические углеводороды, преимущественно толуол, а также пиробензол и алкилбензол. Алкилат

получают алкилированием изобутана бутенами или их смесью с пропиленом, технический изооктан — каталитической полимеризацией бутенов с последующим гидрированием полученного технического диизобутена. Для получения толуола используют процессы ароматизации гептановой фракции прямогонного бензина и пиролиз бензино-керосиновых прямогонных фракций с последующим его выделением четкой ректификацией из получаемых продуктов. Алкилбензол получают каталитическим алкилированием бензола олефинами газов крекинга. В табл. 1.3 приведены характеристики компонентов авиационных бензинов. Как следует из данных таблицы, алкилат и технический изооктан выкипают в широких температурных пределах, соответствующих пределам выкипания авиационных бензинов (40—180°C). Уже температурные пределы выкипания пиробензола (80—175°C) и алкилбензола (105—180°C), а толуол выкипает в пределах 1—2°C (109—110°C).

Если фракционный состав и другие физико-химические свойства алкилата и технического изооктана позволяют вовлекать их в базовые бензины с целью получения авиационных бензинов в очень широких пределах, то объем добавляемых в базовые бензины ароматических углеводородов строго ограничен. Лимитирующими факторами являются пределы их выкипания, прежде всего, толуола и алкилбензола, а также содержание ароматических углеводородов в авиационных бензинах высшей категории качества, что обусловлено их повышенной склонностью к нагарообразованию. Нежелательно вовлекать в базовый бензин относительно большое (более 10%) количество пиробензола с высоким содержанием бензола ($t_{пл} = 5,5^\circ\text{C}$), поскольку возможно повышение температуры начала кристаллизации товарного авиационного бензина сверх допустимого (не выше -60°C). К бензинам, получаемым на базе бензинов прямой перегонки, разрешается добавлять не более 20% толуола и 10% пиробензола, а к бензинам на основе каталитического крекинга — не более 6% ароматических углеводородов (толуола, алкилбензола или пиробензола).

Авиационный бензин Б-91/115 получают преимущественно на базе бензина каталитического риформинга с добавлением 30—40% алкилата (или технического изооктана) и 8—15% толуола. В бензине Б-91/115, получаемом на основе прямогонного бензина нефтевого основания и имеющего более высокие октановые числа и сортность, чем у бензина риформинга, содержание алкилата колеблется в пределах 12—21%. Для приготовления авиационного бензина Б-91/115 на основе бензина каталитического крекинга к базовому бензину добавляют 15—20% алкилата, 10—30% легкого бензина прямой перегонки и не более 6% ароматических углеводородов, преимущественно толуол.

Таблица 1.3. Характеристики компонентов авиационных бензинов

Показатель	Алкилат высшей категории качества (ТУ 38 101372—84)	Толуол нефтяной (ГОСТ 14710—78)	Алкилбензол (ГОСТ 7166—54)	Пиробензол (ГОСТ 38 01105—75)	Изооктан технический (ГОСТ 4095—75)
Внешний вид	Прозрачная и бесцветная жидкость	Прозрачная жидкость без посторонних примесей	Прозрачная и бесцветная жидкость		
Детонационная стойкость, октановое число, не менее:					
моторный метод	91,5	—	99,0	—	90,0.
исследовательский метод	93	—	—	—	—
Фракционный состав, °C:					
и. к., не ниже	40	110	105	80	40
10% (об.), не выше	75	—	120	95	80
50% (об.), не выше	105	—	—	110	115
90% (об.), не выше	130	—*	97,5	155	140
к. к., не выше	180	111	180	175	180
остаток и потери в сумме (%), не более	2,5	—	2,0	—	2,5
остаток (%), не более	1,5	—	1,0	1,0	1,5
Давление насыщенных паров, кПа, не более	46,655	—	—	—	46,663
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	0,3	—	1,0	—	0,3
Иодное число, г I₂/100 г, не более	0,4	—	10,0	—	1,0
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	2	—	2	—	2
Содержание, %:					
серы, не более	0,02	—	0,02	0,02	0,02
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	Отсутствие		
механических примесей и воды	Отсутствие	—	Отсутствие		
ароматических углеводородов, не менее	Отсутствие	—	—	90	—
Испытание на медной пластинке	Выдерживает				
Плотность, кг/м³	—	864—867	—	—	—
Степень очистки: окраска с серной кислотой в номерах образцовой шкалы, не более	—	0,2	—	4	—
pH водной вытяжки	—	Нейтральная	—	—	—
Испаряемость	—	Испаряется без остатка			
Температура застывания, °C, не выше	—	—	—60	—18	—

* 98% (об.) перегоняется в пределах 0,8°C.

Авиационный бензин Б-95/130 по сравнению с бензином Б-91/115 имеет более высокое значение сортности и, учитывая ограничения по содержанию ароматических углеводородов, при компаундировании в него добавляют алкилат в количестве 30—70%.

Предполагается перейти на единый сорт авиационного бензина типа Б-92 с пониженным (до 2 г/кг) содержанием ТЭС и без нормирования сортности.

Ассортимент, состав и качество автомобильных бензинов

Автомобильные бензины вырабатывают 4 марок (ГОСТ 2084—77): А-72, А-76, АИ-93 и АИ-98. Цифры означают минимальные октановые числа бензина по моторному методу для А-72 и А-76 и по исследовательскому — для АИ-93 и АИ-98 (октановое число последних по моторному методу — не ниже 85 и 89 соответственно). Бензин А-72 вырабатывают только в неэтилированном виде, остальные — в неэтилированном и этилированном. По отраслевым на ряде нефтеперерабатывающих предприятий выпускают бензин А-72 в этилированном виде, но его производство в ближайшие годы должно быть прекращено. В небольших объемах по отдельным техническим условиям вырабатывают неэтилированный бензин «Экстра» с октановым числом 95 по исследовательскому методу.

Для отличия неэтилированных бензинов от этилированных последние окрашивают. Цвет марки бензина, наименование и концентрация жирорастворимого красителя должны соответствовать следующим нормам:

Марка бензина	Цвет	Краситель (концентрация, мг/кг)
А-76*	Желтый	Желтый К ($6 \pm 0,1$)
АИ-93	Оранжево-красный	Темно-красный Ж ($5 \pm 0,1$)
АИ-98	Синий	Ярко-синий антрахиноновый ($5 \pm 0,1$)

* Для бензина А-76 разрешается использовать краситель желтый Ж в концентрации $4 \pm 0,1$ мг/кг.

Характеристики автомобильных бензинов представлены в табл. 1.4.

Автомобильные бензины, за исключением бензина АИ-98, подразделяют на летний и зимний виды:

летний предназначен для применения во всех районах страны, кроме северных и северо-восточных, в период с 1 апреля по 1 октября и в южных районах — в течение всех сезонов;

зимний, предназначенный для применения в течение всех сезонов в северных и северо-восточных районах страны и в остальных районах с 1 октября по 1 апреля.

Таблица 1.4. Характеристики автомобильных бензинов (ГОСТ 2084—77)

Показатель	А-72	А-76*	АИ-93*	АИ-98*
Детонационная стойкость, октановое число, не менее:				
моторный метод	72	76	85	89
исследовательский метод	Не нормируется		93	98
Содержание свинца, г/дм ³ , не более	—	—/0,17	—/0,37	—/0,37
Фракционный состав, °С:				
и. к., не ниже:				
летний вид	35	35	35	35
зимний вид		Не нормируется		
10% (об.), не выше:				
летний вид	70	70	70	70
зимний вид	55	55	55	—
50% (об.), не выше:				
летний вид	115	115	115	115
зимний вид	100	100	100	—
90% (об.), не выше:				
летний вид	180	180	180	180
зимний вид	160	160	160	—
к. к., не выше:				
летний вид	195	195	195	195
зимний вид	185	185	185	—
Остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5
Остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	3,5/4,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа (мм рт. ст.):				
летний вид, не более	66,7 (500)	66,7 (500)	66,7 (500)	66,7 (500)
зимний вид	66,7—93,3 (500—700)	66,7—93,3 (500—700)	66,7—93,3 (500—700)	—
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	3,0	1,0/3,0	0,8/3,0	1,0/3,0

Показатель	А-72	А-76*	АИ-93*	АИ-98*
Содержание фактически- ских смол, мг/100 см ³ , не более:				
на месте производства	5	3/5	Отсут- ствие/5	3/5
на месте потребления	10	8/10	2/7	5/7
Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	600	1200/900	1200/900	1300/900
Содержание серы, %, не более	0,12	0,02/0,1	0,01/0,1	0,05/0,1
Испытания на медной пластинке	Выдерживает			
Содержание:				
водорастворимых кис- лот и щелочей	Отсутствие			
механических приме- сей и воды	Отсутствие			
Плотность при 20 °С	Не нормируется. Определение обязательно			

* Принадлежности через дробь значения соответствуют: числитель — марке высшей категории качества, знаменатель — первой категории качества.

Примечания.

1. Для городов и районов, а также предприятий, где запрещено применение этилированных бензинов, предназначаются только неэтилированные бензины.

2. Допускается вырабатывать бензин для применения в южных районах со следующим фракционным составом: 10% (об.) перегоняется при температуре не выше 75 °С, 50% (об.) — не выше 120 °С.

3. Для бензинов, изготовленных с применением компонента каталитического риформинга, допускается температура конца кипения не выше 205 °С (летний вид) и не выше 195 °С (зимний вид).

4. В автомобильные этилированные бензины, предназначенные для экспорта, краситель не добавляют; допускается бледно-желтая окраска. Содержание свинца в них не должно превышать 0,15 г/дм³, содержание меркаптановой серы (ГОСТ 17323—71) — не более 0,001%. Допускается в пределах гарантийного срока хранения (при хранении на нефтебазах, складах и автоколонках) повышение температуры, при которой перегоняется 10% (об.) бензина, на 1 °С, промежуточных температур перегонки — на 2 °С, конца кипения — на 3 °С и увеличение остатка в колбе на 0,3%.

Автомобильные бензины представляют собой смесь различных компонентов, получаемых разными технологическими процессами нефтепереработки. Они различаются углеводородным и фракционным составом и, как следствие этого, детонационной стойкостью. Более низкооктановые компоненты вовлекаются в бензин А-72, прежде всего в этилированный; для получения бензинов АИ-93, особенно неэтилированного, и АИ-98 используют компоненты, обладающие высокой детонационной стойкостью. В автомобильные бензины вовлекают продукты прямой

перегонки нефти различного фракционного состава, каталитического риформинга прямогонных низкооктановых бензинов, каталитического крекинга, термического крекинга, замедленного коксования, бензины пиролиза и гидрокрекинга, газовый бензин, рафинаты от процесса получения ароматических углеводородов, технические бутаны, пентаны, гексаны, а также в качестве высокооктановых компонентов — алкилат и ароматические углеводороды.

В основной массе продукты прямой перегонки — бензин и его фракции с различными пределами выкипания — имеют низкие октановые числа, что обусловлено их углеводородным составом и температурными пределами выкипания. Как правило, чем легче фракция, тем больше октановое число. Прямогонные бензины с преимущественным содержанием парафиновых углеводородов нормального или слаборазветвленного строения имеют более низкие октановые числа по сравнению с бензинами, в составе которых преобладают нафтеновые. Содержание в бензинах прямой перегонки ароматических углеводородов обычно невелико, потому и их влияние на октановое число бензина незначительно. В табл. 1.5 приведены октановые числа прямогонных бензинов и их фракций различных нефтеперерабатывающих предприятий.

Для повышения октановых чисел прямогонных бензинов используют процесс каталитического риформинга, при котором происходит дегидрирование шестичленных нафтеновых углеводородов и дегидроциклизация нормальных и слаборазветвленных парафиновых углеводородов в ароматические, а также изомеризация парафиновых углеводородов и изомеризация пятичленных нафтеновых в шестичленные с последующим дегидрированием последних в ароматические углеводороды. Степень ароматизации и изомеризации углеводородов зависит от режима процесса: при мягком режиме риформинга содержание ароматических углеводородов в бензине составляет 35—45%, а при жестком — достигает 65—80%. С целью повышения октанового числа низкокипящих бензиновых фракций (C₅—C₆) используют процесс изомеризации, в результате которой нормальные пентан и гексан превращаются в изосоединения.

Использование процессов каталитического и термического крекинга, а также замедленного коксования для получения компонентов автомобильных бензинов позволяет увеличить ресурсы бензиновых фракций, так как сырьем для каталитического крекинга являются керосино-газойлевые атмосферные и газойлевые вакуумные фракции, а для термического крекинга и коксования — остаточные продукты (мазут и гудрон). В бензинах термических процессов (крекинга и коксования) содержится до 40% непредельных углеводородов, и потому, как отмечалось выше, они легко окисляются при хранении и приме-

Таблица 1.5. Октановые числа компонентов автомобильных бензинов

Компонент	Моторный метод	Исследовательский метод	Компонент	Моторный метод	Исследовательский метод
Бензин прямой перегонки	46,7—72,3	47,0—75,0	Бензин термического крекинга	59,0—68,8	67,0—76,1
Фракция и. к. — 62 °С	70,0—72,0	—	Бензин коксования	47,7—63,0	53,0—73,0
Фракция и. к. — 85 °С	58,0—63,0	—	Газовый бензин	65,5—70,6	—
Фракция и. к. — 170 °С	54,0	—	Рафинат	48,1—60,2	—
Фракция и. к. — 200 °С	42,0	—	Бензол	100,0—108,0	108,0—113,0
Фракция 62—85 °С	61,0	—	Толуол	100,0—104,0	105,0—109,0
Фракция 62—105 °С	56,0—60,0	—	Высшие ароматические углеводороды	99,9	—
Фракция 62—180 °С	48,5—53,0	—	Алкилат	90,0—92,0	92,5—94,0
Фракция 85—140 °С	54,0	—	Изобутан	97,0	—
Фракция 105—180 °С	48,0	—	Изопентан	86,4—90,3	—
Бензин каталитического риформинга:			Изогексаны	69,2	—
мягкий режим	70,0—79,0	74,2—87,0	n-Пентан	61,0	—
жесткий режим	80,7—85,4	90,6—95,0	Ксилолы	98,0—100,0	100,0—105,0
Бензин каталитического крекинга	72,0—80,0	83,5—91,6	Бензин пиролиза	78,0—86,0	93,5—99,0
			Бензин гидрокрекинга	71,0	75,0

нении с образованием смолистых продуктов и осадков. Их детонационная стойкость несколько выше, чем соответствующих им по фракционному составу прямогонных бензинов. Содержание общей серы в бензинах термических процессов достигает 0,3—0,4%, что существенно ограничивает их вовлечение в товарные бензины.

В качестве компонента автомобильных бензинов используют бензины каталитического крекинга, проводимого в одну ступень. В таких бензинах содержится до 20—30% непредельных углеводородов. Наряду с этим в процессе каталитического крекинга образуются ароматические углеводороды и их содержание в получаемом бензине выше, чем в бензинах термических процессов (до 30%). В зависимости от режима процесса, углеводородного и фракционного составов сырья октановое число бензинов каталитического крекинга колеблется в достаточно широких пределах (см. табл. 1.5). Наличие непредельных углеводородов в бензинах каталитического крекинга обуславливает их повышенную склонность к окислению, хотя по химической стабильности они превосходят бензины термических процессов. Содержание серы в бензинах каталитического крекинга, получаемых на установках, где сырье не подвергается гидроочистке, довольно высокое — до 0,3%; вовлечение этих бензинов в состав товарных ограничивается пределом 20—25%. На установках Г-43-107 и КТ-1 сырье подвергается гидроочистке, и содержание соединений серы в получаемом бензине незначительно, т. е. вовлекать его в состав товарных бензинов можно без ограничения. Кроме того, в бензинах, получаемых на этих установках, содержится меньше непредельных углеводородов, а достаточно высокое октановое число позволяет использовать эти бензины в качестве компонента неэтилированного бензина АИ-93, заменяя частично высокооктановый компонент — алкилат.

Алкилат получают, как отмечалось выше, сернокислотным алкилированием изобутана смесью n-бутенов и изобутена (а в отдельных случаях с добавлением пропилена), содержащихся в газах каталитического крекинга. По антидетонационным и физико-химическим свойствам алкилат — один из лучших компонентов неэтилированных автомобильных бензинов АИ-93 и АИ-98 и бензина «Экстра», вовлечение которого в их состав фактически не ограничено.

В относительно небольшом (до 6—8%) количестве и, как правило, при получении более высокооктановых, преимущественно неэтилированных, бензинов добавляют ароматические углеводороды, чаще толуол. Обычно ароматические углеводороды вводят в состав бензинов на нефтеперерабатывающих предприятиях, имеющих установки по их получению; практикуется отправка ароматических углеводородов и на другие заводы.

Рафинаты, которые остаются после выделения из продуктов

ароматизации бензола, толуола и ксилолов, состоят в основном из нормальных и малоразветвленных парафиновых углеводородов. Они имеют низкие октановые числа, особенно ксилольный (см. табл. 1.5), и их используют для приготовления этилированных бензинов, например А-72.

Автомобильный бензин одной марки, выпускаемый разными предприятиями, может иметь различный компонентный состав. Это обусловлено неодинаковым набором технологических установок, имеющихся на каждом конкретном нефтеперерабатывающем предприятии. Компонентный состав бензинов существенно влияет на равномерность распределения детонационной стойкости по их фракционному составу. Для бензинов прямой перегонки и термических процессов по мере утяжеления их фракционного состава детонационная стойкость понижается. Для бензинов каталитического риформинга, особенно жесткого режима, напротив, более высококипящие фракции, состоящие из 94—98% из ароматических углеводородов, значительно превосходят по детонационной стойкости более низкокипящие, особенно фракцию 62—100°C, составляющую $\approx 1/3$ бензина.

Тетраэтилсвинец выкипает при 200°C и потому поступает в те же цилиндры, в какие поступают и более высококипящие фракции бензина, обогащенные ароматическими углеводородами. При этом создается большое различие в детонационной стойкости рабочей смеси, поступающей в разные цилиндры. В результате требования к детонационной стойкости этилированного бензина АИ-93, как правило, получаемого на базе бензина каталитического риформинга мягкого режима, по существу определяются условиями работы тех цилиндров двигателя, куда поступают более низкокипящие и низкооктановые фракции бензина, обедненные ТЭС, что приводит к завышению требований к антидетонационным свойствам бензинов.

Для бензинов каталитического крекинга, и особенно алкилата, характерно более равномерное распределение детонационной стойкости по фракциям. Их добавление к бензинам каталитического риформинга позволяет получать товарные бензины с лучшим распределением детонационной стойкости рабочей смеси по отдельным цилиндрам и снизить требования к антидетонационным свойствам бензинов, особенно не содержащих тетраэтилсвинец. Положительно сказывается и добавление изопентана, но его количество ограничивается высоким давлением насыщенных паров. Желательным компонентом бензинов каталитического риформинга мягкого и жесткого режимов, позволяющего получить неэтилированный бензин АИ-93 с равномерным распределением детонационной стойкости рабочей смеси по цилиндрам, является *трет*-бутилметилэфир, обладающий высокой детонационной стойкостью и имеющий температуру кипения 55°C.

Таблица 1.6. Средний компонентный состав автомобильных бензинов различных марок*

Компонент	А-72	А-72*	А-76	А-76*	АИ-93	АИ-93*	АИ-98
Бензин риформинга:							
мягкого режима	18,4	18,6	41,1	56,4	78,0	—	62,0
жесткого режима	—	—	—	—	—	82,5	—
Бензин прямой перегонки**	40,5	35,8	29,5	15,0	6,5	0,6	—
Бензин крекинга:							
каталитического	8,3	20,7	7,7	13,2	10,5	3,2	13,0
термического	9,5	5,9	4,3	1,1	—	—	—
Бензин коксованный	2,8	0,7	1,5	—	—	—	—
Алкилат	—	0,1	0,1	0,2	0,5	7,8	7,9
Газовый бензин	4,7	3,1	3,9	4,5	1,7	—	—
Бензин гидроочистки	0,6	1,3	3,2	0,3	0,2	—	—
Углеводороды до C ₄	0,3	1,9	0,2	1,5	0,1	0,4	—
n-Пентан	1,0	—	1,4	0,9	1	—	—
Изопентан	—	2,4	—	—	—	3,6	9,6
Изогексаны	—	—	0,3	0,1	—	—	—
n-Гексан	0,5	—	—	—	—	—	—
Ароматические углеводороды	0,3	4,2	0,8	2,4	0,5	1,7	7,5
Пиробензин	0,5	0,1	0,7	0,2	—	0,2	—
Рафинат	12,5	5,2	5,3	4,2	1,0	—	—

* Бензины, не отмеченные звездочкой — этилированные, со звездочкой — не этилированные.

** В том числе прямые фракции различных пределов выкипания.

Равномерность распределения детонационной стойкости бензинов по фракциям в соответствии с комплексом методов квалификационной оценки автомобильных бензинов контролируется по октановым числам двух фракций, выкипающих до 100°C и выше. Отношение этих октановых чисел, найденных по исследовательскому методу, называют *коэффициентом распределения детонационной стойкости*. Оно должно быть не ниже 0,8 для бензина А-76 и не ниже 0,75 — для бензина АИ-93.

В табл. 1.6 приведен средний компонентный состав автомобильных бензинов различных марок.

РЕАКТИВНЫЕ ТОПЛИВА

Современная авиация в основном оснащена воздушно-реактивными двигателями (ВРД). В этих двигателях топливо в камеру сгорания подается непрерывно, и вследствие этого процесс горения протекает постоянно. Лишь для запуска двигателя используют постороннее зажигание. Также непрерывно поступает в камеру сгорания ВРД и воздух, требуемый для сжигания топлива, предварительно сжатый и нагретый в компрессоре. Газообразные продукты сгорания из камеры сгорания направля-

ются в турбину, где часть тепловой энергии превращается в механическую работу вращения колеса турбины, от вала которого приводится в движение ротор компрессора, а также топливный и масляный насосы. После турбины продукты сгорания топлива в виде газового потока проходят реактивное сопло и, расширяясь в нем, создают реактивную силу тяги, с помощью которой и осуществляется полет самолета.

В ВРД топливо из баков самолета под небольшим давлением (0,02—0,03 МПа) подается подкачивающим насосом через систему фильтров тонкой очистки к основному топливному насосу-регулятору высокого давления (0,8—1,0 МПа). С помощью последнего топливо, проходя через форсунки, распыливается в камерах сгорания в нагретый и сильно завихренный воздушный поток, что обеспечивает увеличение поверхности испарения топлива и равномерное распределение его паров по всему объему камеры сгорания двигателя.

В турбореактивных двигателях топливо, проходя через топливомасляный радиатор, снижает температуру смазочного масла, т. е. выполняет функцию охлаждающей среды. Помимо этого, топливо используют и для смазывания трущихся деталей топливных насосов. Кроме того, изменяя подачу топлива с помощью топливорегулирующей аппаратуры, регулируют скорость полета самолета.

Основные свойства реактивных топлив, обеспечивающие нормальную работу двигателя:

- хорошая испаряемость для обеспечения полноты сгорания; высокие полнота и теплота сгорания, предопределяющие дальность полета самолета;

- хорошие прокачиваемость и низкотемпературные свойства для обеспечения подачи топлива в камеру сгорания;

- низкая склонность к образованию отложений, характеризующая высокой химической и термоокислительной стабильностью;

- хорошая совместимость с материалами: низкие противокоррозионные свойства по отношению к металлам и отсутствие воздействия на резиновые технические изделия;

- хорошие противоизносные свойства, обуславливающие небольшое изнашивание деталей топливной аппаратуры.

Свойства

Испаряемость. Испаряемость является одной из важнейших характеристик реактивных топлив. Она влияет на пределы устойчивого горения топлива, полноту сгорания, нагарообразование в камере сгорания двигателя, бесперебойную работу топливных насосов и склонность к образованию паровых пробок в топливной системе самолетов в условиях высотных полетов.

От испаряемости топлив зависит запуск двигателя и потери топлива от испарения при полетах на больших высотах.

Реактивные топлива имеют более широкий диапазон температур выкипания, чем топлива другого назначения. Для ВРД используют топлива различного фракционного состава: для дозвуковой авиации — типа керосина с пределами выкипания от 130—140 °С до 250—280 °С (топлива ТС-1, РТ, Т-1) и широкого фракционного состава (60—280 °С), представляющее собой бензино-керосиновую фракцию (топливо Т-2), и для сверхзвуковой авиации — топлива Т-8В, выкипающее в пределах 165—280 °С, и Т-6 с пределами выкипания от 195 до 315 °С.

Облегчение фракционного состава реактивных топлив, как и бензинов, положительно сказывается на запуске двигателя, улучшает условия сгорания топлива, повышает эффективность горения и стабильность пламени, улучшает его низкотемпературные свойства (снижается температура начала кристаллизации), увеличивает ресурсы топлива. Наряду с этим при облегчении фракционного состава реактивных топлив увеличивается опасность образования паровых пробок в топливной системе самолета, ухудшается работа топливного насоса (возникает кавитация), повышаются потери топлива от испарения, понижается объемная теплота его сгорания и ухудшаются противозносные свойства. Улучшение испаряемости топлива, достигаемое при облегчении его фракционного состава, повышает скорость испарения распыливаемой струи топлива и способствует расширению пределов воспламеняемости на бедных смесях. Утяжеление фракционного состава реактивных топлив позволяет увеличить их объемную теплоту сгорания и ресурсы и улучшить противоизносные свойства, а также снизить потери от испарения, но одновременно повышает склонность топлива к нагарообразованию, снижает полноту испарения и, как следствие, полноту сгорания, ухудшает низкотемпературные свойства.

Снижение степени влияния испаряемости реактивных топлив на работу двигателя достигается чисто конструктивными мерами, что позволяет использовать на реактивных двигателях топлива, различные по испаряемости. При этом температура начала кипения топлива характеризует прежде всего его склонность к образованию паровых пробок в топливной системе, а также пусковые свойства, температура выкипания 10% (об.) — пусковые свойства, а 98% (об.) — полноту испарения, определяющую полноту сгорания топлива.

Учитывая аэродинамический нагрев топлива в баках самолета, имеющий место при их сверхзвуковом полете, во избежание образования паровых пробок в топливной системе, регламентируются более высокие значения температуры начала кипения топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов.

Полнота и теплота сгорания реактивных топлив. С понижением полноты сгорания топлива склонность его к нагарообразованию в двигателе возрастает. Нагар отлагается на сопле форсунки, на стенках камеры сгорания, на лопатках турбины. Нагарообразование в двигателе крайне нежелательно. Отложения нагара на форсунках изменяют форму струи распыливаемого топлива, вследствие чего ухудшаются условия его распыливания

и испарения, а также нарушается распределение температур вдоль пространства сгорания. Нагарообразование на лопатках турбины вызывает их децентрирование и выход из строя. Частицы нагара, отделяясь от стенок камеры сгорания и вместе с газами попадая на лопатки турбины, вызывают их эрозию.

Наличие в пламени сажистых частиц (продуктов неполного сгорания топлива) вызывает его свечение, что связано с излучением тепла пламенем, приводящим к повышению температуры стенок камеры сгорания, местному их короблению и прогару.

В качестве показателей, характеризующих горение реактивных топлив, используют: высоту некоптящего пламени и люминометрическое число. Кроме того, склонность реактивных топлив к нагарообразованию в двигателе и свечению пламени оценивают по содержанию в них ароматических и нафталиновых углеводородов.

Комплексом методов квалификационной оценки реактивных топлив предусмотрено определение их склонности к нагарообразованию на однокамерной установке. С повышением высоты некоптящего пламени H склонность топлива к нагарообразованию снижается:

H , мм	12	18	21	23	26	30	43
Масса нагара в двигателе, г	7,5	4,8	3,2	1,8	1,6	0,5	0,4

Значения люминометрического числа реактивных топлив и высота их некоптящего пламени зависят от углеводородного и фракционного составов топлива. Наиболее низкие значения этих показателей имеют нафталиновые, нафто-ароматические и моноциклические ароматические углеводороды, а наиболее высокие, снижающиеся с увеличением молекулярной массы и разветвлением молекулы, — парафиновые. Склонность реактивных топлив к нагарообразованию в значительной мере определяется конструкцией камеры сгорания двигателя.

Удельный расход топлива в реактивных двигателях определяет дальность полета самолета. Он снижается с увеличением полноты сгорания топлива, а также с повышением низшей теплоты его сгорания. Для различных условий эксплуатации самолетов более важное значение имеет массовая, либо объемная теплота сгорания. Так, поскольку объем топливных баков для дозвуковой авиации строго не ограничен, основное значение имеет массовая теплота сгорания. В сверхзвуковых самолетах, где объем топливных баков жестко лимитирован, преобладающее значение приобретает объемная теплота сгорания. Для всех марок реактивных топлив стандартами и техническими условиями регламентируется массовая теплота сгорания. Значения объемной теплоты сгорания топлива регламентируют косвенно, так как она представляет собою произведение массовой тепло-

Таблица 1.7. Низшая теплота сгорания углеводородов реактивных топлив $10^{-3} Q_p^H$

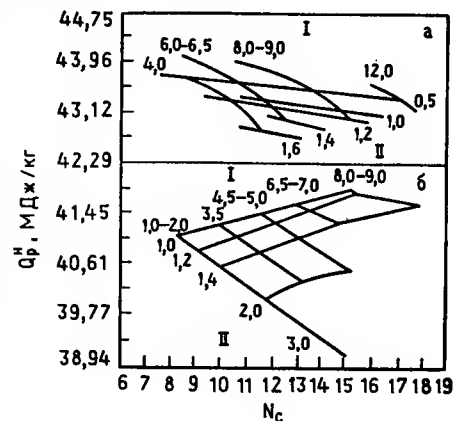
Пределы выкипания фракций, °С	Парафиновые углеводороды		Нафтоновые углеводороды		Моноциклические ароматические углеводороды	
	кДж/кг	кДж/л	кДж/кг	кДж/л	кДж/кг	кДж/л
100—150	45,1—43,8	33,2—32,3	43,3—41,8	35,5—31,05	41,6—41,1	35,6—34,3
150—200	44,8—43,9	34,15—31,9	43,5—42,3	36,0—32,2	41,9—40,4	37,5—34,7
200—250	44,6—43,8	35,8—33,7	43,7—42,3	36,3—31,9	41,6—41,3	38,0—36,0
250—300	43,8—43,05	34,6—34,4	43,2—42,3	37,0—32,9	41,8—40,9	39,1—36,2

ты сгорания топлива на его плотность. Для топлив, предназначенных для сверхзвуковой авиации, необходимо иметь более высокие значения объемной теплоты сгорания. Поэтому плотность таких топлив устанавливается на более высоком уровне, чем топлив для дозвуковой авиации.

Теплота сгорания топлив определяется углеводородным составом (табл. 1.7). Массовая теплота сгорания обуславливается отношением водорода и углерода (H/C): наибольшее для парафиновых и наименьшее для ароматических углеводородов. По мере увеличения молекулярной массы парафиновых углеводородов, т. е. повышения их температуры кипения, массовая теплота сгорания снижается, а для ароматических углеводородов, если увеличение их молекулярной массы имеет место за счет боковых алкильных групп, наоборот, повышается. Рис. 7 иллюстрирует зависимость массовой теплоты сгорания углеводородов от их строения.

Объемная теплота сгорания углеводородов зависит от их массовой теплоты сгорания и от плотности. Ароматические углеводороды имеют наиболее высокие значения плотности, особенно нафталиновые, их объемная теплота сгорания существенно выше, чем нафтоновых и парафиновых углеводородов. В отличие от массовой теплоты сгорания плотность углеводородов од-

Рис. 7. Зависимость теплоты сгорания Q_p^H парафино-нафтоновых (а) и ароматических (б) углеводородов от их строения и числа атомов углерода в молекуле N_C : I — число атомов углерода в боковых цепях; II — число колец



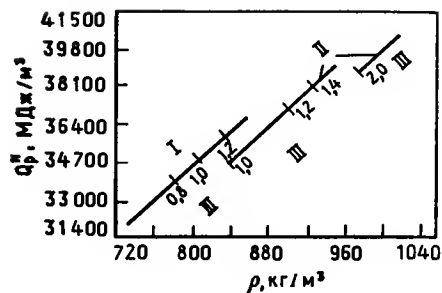


Рис. 8. Зависимость теплоты сгорания Q_p^H парафино-нафтенных и ароматических углеводородов от их строения и плотности ρ :
I — парафино-нафтенные углеводороды;
II — ароматические углеводороды;
III — число колец

ной и той же молекулярной массы зависит от строения углеводородов, поэтому значения объемной теплоты сгорания изомеров равной молекулярной массы могут заметно различаться. На рис. 8 представлена зависимость объемной теплоты сгорания углеводородов от их плотности и строения. Влияние массовой (кДж/кг) и объемной (кДж/л) теплот сгорания реактивных топлив на относительную дальность полета самолета иллюстрируют следующие данные (за 100% принята дальность полета на топливе Т-1, образец 1):

	ρ_H , кг/м³	Q_p^H , 10 ⁻³ кДж/кг	Q_p^H , 10 ⁻³ кДж/л	Дальность полета, %
Т-1:				
образец 1	810	42,8	35,5	100
образец 2	800	42,8	34,2	98,8
ТС-1	775	42,8	33,2	95,6

Прокачиваемость — способность бесперебойной подачи топлива в строго определенном объеме. Прокачиваемость реактивных топлив при их перекачках и заправке самолетов, а также по топливной системе самолета и двигателя, включая фильтруемость через фильтры, определяется в основном вязкостью топлива, наличием в них примесей и воды, а также образованием паровых пробок в топливной системе самолета (см. выше).

При положительных температурах вязкость реактивных топлив не лимитирует их прокачиваемость. При охлаждении вязкость топлив возрастает и может достичь значений, при которых нормальная заправка самолетов топливом и его подача в двигатель могут быть нарушены. Прокачка высоковязких топлив по топливной системе самолета и двигателя сопровождается высокими гидравлическими потерями, уменьшением производительности подкачивающих топливных насосов, нарушением нормальной работы топливорегулирующей аппаратуры, снижением давления впрыска топлива и ухудшением качества его распыливания в камеру сгорания, т. е. снижением полноты сгорания.

Отрицательные последствия высокой вязкости топлива проявляются не только для топлив, предназначенных для дозвуковой авиации, но и для топлив сверхзвуковых самолетов при перекачках и заправке, в условиях взлета и набора высоты, а

также в тех случаях, когда температура топлива не успевает повыситься, например при аэродинамическом нагреве фюзеляжа самолета при сверхзвуковом полете. Степень повышения вязкости с понижением температуры зависит от исходной вязкости топлива, причем чем выше его вязкость при положительной температуре, тем резче она возрастает при снижении температуры, т. е. тем круче вязкостно-температурная кривая. Такая зависимость особенно заметно проявляется у ароматических углеводородов и в меньшей степени — у парафиновых, и прежде всего малоразветвленных и нормального строения.

Конструктивное оформление топливных систем самолетов и двигателей различно, поэтому их нормальная работа может лимитироваться разными значениями вязкости топлива. Как правило, вязкость реактивных топлив регламентируют при двух температурах: +20 и -40°C. Для всех реактивных топлив, кроме топлива Т-6, во избежание повышенного износа топливной аппаратуры, ограничивают нижний предел вязкости при 20°C. Ограничение вязкости при 20°C для топлива Т-6 по верхнему пределу обусловлено вязкостно-температурной зависимостью, определяющей максимальное значение вязкости этих топлив при -40°C. На рис. 9 представлена вязкостно-температурная зависимость для реактивных топлив различных марок.

В виде твердой фазы в топливах могут содержаться кристаллы углеводородов, преимущественно парафиновых, и льда, а также механические примеси, представляющие собой продукты коррозионного воздействия топлив на конструкционные материалы. В топливе при его прохождении по топливной системе двигателя могут попасть твердые вещества, образующиеся при окислении нагретого топлива. Наличие твердой фазы в топливе отражается, прежде всего, на его фильтруемости, определяемой как размерами частиц твердой фазы, так и величиной пор фильтрующего элемента и конструкцией фильтра.

Выпадение кристаллов углеводородов из топлив при их охлаждении обусловлено ограниченной растворимостью в топливах *n*-парафиновых углеводородов.

Температура, при которой из реактивных топлив выделяют

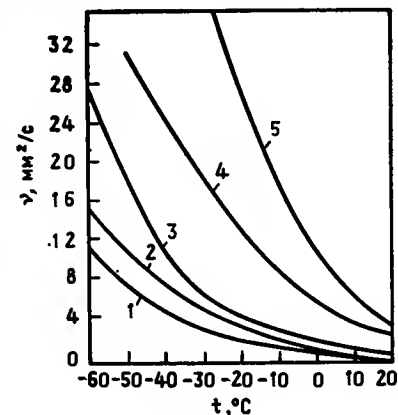


Рис. 9. Зависимость кинематической вязкости ν от температуры t для реактивных топлив:
1 — Т-2; 2 — ТС-1; 3 — Т-1; 4 — Т-6 по ТУ; 5 — Т-6 по ГОСТ

ся кристаллы *n*-парафиновых углеводородов — температуры начала кристаллизации — зависит от содержания и температуры плавления *n*-парафиновых углеводородов: она возрастает с повышением молекулярной массы или температуры кипения *n*-парафиновых углеводородов. Реактивные топлива, получаемые из нефтей парафинового основания и содержащие в связи с этим повышенное количество *n*-парафиновых углеводородов по сравнению с топливами, вырабатываемыми из нефтей наftenового основания, при одинаковом фракционном составе имеют более высокие температуры начала кристаллизации. Ранее, согласно стандарту, температура начала кристаллизации реактивных топлив не должна была превышать -60°C . Для обеспечения такой температуры начала кристаллизации реактивных топлив, получаемых из нефтей парафинового основания необходимо было снижать конец их кипения. Этим обстоятельством, прежде всего, и объясняется более низкий конец кипения топлива ТС-1 (не выше 250°C), получаемого, как правило, из сернистых парафинистых нефтей, по сравнению с топливами других марок. Многолетний опыт переработки нефтей парафинового основания показал, что для получения топлива ТС-1 с температурой начала кристаллизации не выше -60°C приходится снижать конец кипения их до $220\text{--}240^{\circ}\text{C}$.

Максимально допустимая температура начала кристаллизации реактивных топлив обусловлена условиями их применения и конструкцией топливной системы самолетов. На самолетах с дозвуковой скоростью полета топливо охлаждается во время полета, и степень охлаждения зависит от исходной температуры топлива, дальности и высоты полета (температуры окружающей среды), а также от места расположения топливных баков (фюзеляжные, крыльевые или консольные, подвесные). Иллюстрацией этому могут служить рис. 10 и рис. 11.

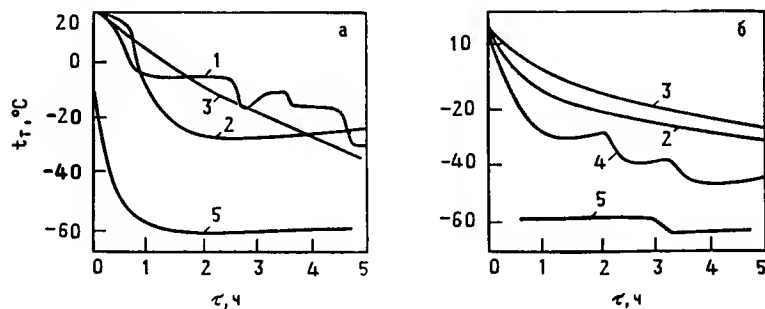


Рис. 10. Зависимость температуры топлива t_t от длительности полета τ : а — самолет «Комета IV»; б — самолет «Боинг-707»; 1—3 — температуры топлива в трубопроводе, наружном баке и во внутреннем баке соответственно; 4 — температура воздуха около бака; 5 — температура наружного воздуха

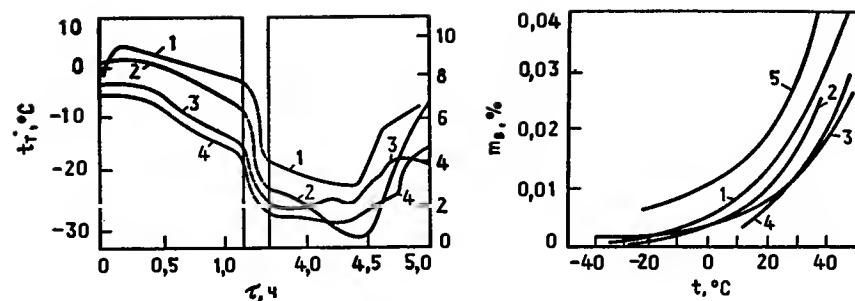


Рис. 11. Зависимость температуры топлива t_t от длительности полета τ : 1 — перед фильтром тонкой очистки; 2—4 — в баке I, II и III очереди выработки соответственно

Рис. 12. Зависимость количества растворенной воды m_w от температуры t в различных топливах:

1, 4 — ТС-1 (образец 1 и 2); 2, 3 — Т-1 (образец 1 и 2); 5 — Б-100/130

При заправке самолетов топливом, имеющим температуру в пределах от -5 до $+17^{\circ}\text{C}$, после 5-ти часового полета самолета температура топлива снижалась максимум до -35°C . Более низкие значения минимальной температуры топлива были зафиксированы при полетах самолетов ИЛ-62М и ТУ-154 на внутрисоюзных линиях — минус 42 в расходном баке самолета ТУ-154 и минус 48°C в расходных баках, питающих крайние двигатели самолета ИЛ-62М. Температура топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов, в полете повышается, и только при их заправке, а также при взлете и наборе высоты она равна температуре окружающей среды.

Реактивные топлива необходимо вырабатывать с большим запасом по температуре конца кипения, чтобы обеспечить температуру начала кристаллизации не выше -60°C . Повышение $t_{н.кр}$ до -55° и тем более до -50°C позволит получать реактивные топлива с более высокой температурой конца кипения, а следовательно, увеличит их ресурсы. Одновременно увеличится плотность топлива и объемная теплота сгорания. Приведенные ниже данные иллюстрируют изменение потенциального содержания реактивных топлив в нефти при повышении температуры начала кристаллизации:

$t_{н.кр}, ^{\circ}\text{C}$	—60	—55	—50
Потенциальное содержание в нефти, % (отн.):			
нижневартковской	100	122	133
западно-тэбукской	100	105	121

Кристаллы льда могут образовываться в реактивных топливах при отрицательных температурах в результате замерзания воды, присутствующей в топливе в эмульсионном или раство-

реииом состоянии либо конденсирующей из воздуха на поверхности топлива. Кристаллы льда могут также попадать в топливо извне в виде инея, осыпавшегося со стенок резервуаров и баков самолета. При подаче топлива по топливной системе самолета кристаллы льда задерживаются на топливном фильтре и, накапливаясь, вначале частично, а затем полностью забивают его, и подача топлива в камеру сгорания нарушается или прекращается. Забивка фильтров кристаллами льда зависит от содержания воды в топливе и размера пор самолетных фильтров:

Размер пор фильтров, мм	12—16	20—30	40—50	100
Содержание H ₂ O, при котором фильтры забиваются кристаллами льда, % (масс.)	0,0020	0,0035	0,0065	0,0100

Растворимость воды в топливах зависит от их углеводородного и фракционного состава и от температуры. Наибольшую растворимость имеют ароматические углеводороды и наименьшую — парафиновые; с увеличением молекулярной массы углеводородов растворимость воды в них понижается и наиболее интенсивно в ароматических углеводородах. С повышением температуры топлив растворимость в них воды возрастает и тем в большей степени, чем выше температура топлива (рис. 12).

Для предотвращения образования кристаллов льда и растворения инея в них вводят антиводокристаллизационные присадки (до 0,3% в зависимости от температуры топлива) непосредственно на местах применения. В качестве таких присадок широко используют этилцеллозольв (жидкость «И»), тетрагидрофуруриловый спирт (ТГФ) и их 50%-е смеси с метанолом (присадки И-М и ТГФ-М). Их вводят преимущественно в зимнее время, а летом — в тех случаях, когда продолжительность полета самолета превышает 5 ч и топливо успевает охладиться до отрицательных температур.

Механические примеси или микрозагрязнения в реактивных топливах в условиях эксплуатации авиационной техники могут: засорять и заклинивать прецизионные пары топливотрегулирующей аппаратуры, забивать топливные фильтры и форсунки, способствовать увеличению отложений в агрегатах топливных систем, повышать абразивный износ деталей топливных агрегатов, усиливать коррозию топливного оборудования, оказывать каталитическое воздействие на окисление топлива в зонах повышенных температур, способствовать накоплению статического электричества при перекачках и фильтровании топлива.

Загрязнение топлива механическими примесями имеет место: на нефтеперерабатывающих предприятиях (примеси, попадающие из нефти в процессе ее переработки, продукты коррозии оборудования), при транспорте (продукты коррозии стенок

железнодорожных цистерн, загрязнения, попадающие в цистерны из воздуха при наливке и сливе топлива), на аэродромных складах горючего (продукты коррозии стальных и оцинкованных внутренних поверхностей складского оборудования, продукты износа перекачивающих средств, почвенная пыль и влага из окружающего воздуха при «больших» и «малых» дыханиях резервуаров), в баках и топливной системе самолета (пыль из воздуха при заправке открытым способом и путем создания избыточного давления воздухом, в топливных баках во время полета, при взлете и посадке, продукты коррозии конструкционных материалов топливной системы и твердые продукты окисления топлива, а также ингредиенты резиновых технических изделий и герметиков, вымываемых из них топливом).

Состав механических примесей в топливах непостоянен и определяется источниками загрязнений. В состав неорганической части (62—74%) входят продукты коррозии и износа (Fe, Sn, Cu, Ti, Mn, Cd), почвенная пыль, в которой присутствуют Si, Ca, Mg, Al и Na. Органическая часть загрязнений (от 22 до 30%) состоит из смолистых веществ, твердых продуктов окисления топлив, ингредиентов резиновых технических изделий и герметиков и в основном содержит углерод, кислород и водород. Механические примеси включают до 4—8% воды. Для удаления воды и загрязнений топлива фильтруют на нефтеперерабатывающих предприятиях, в аэродромных условиях и в топливной системе самолетов. В зависимости от исходной степени загрязнения топлива в топливотрегулирующую систему двигателя поступает от 0,42 до 9,2 г/т механических примесей. Наличие механических примесей определяется визуально (отсутствие) либо гравиметрическим методом (ГОСТ 10577—78), при этом их содержание в отгружаемом с завода топливе не должно превышать 0,003%.

Склонность к образованию отложений. Отложения в реактивных топливах — это продукты различного характера, образующиеся в результате окислительных процессов, которые протекают в топливе при разных температурах. В реактивных топливах практически нет непредельных углеводородов, и склонность их к окислению при температуре окружающей среды, имеющей место при длительном хранении топлив, или их химическая стабильность обуславливается степенью окисления углеводородов других классов, а также наличием в них гетероатомных соединений (серо-, кислород- и азотсодержащих). Среди этих соединений присутствуют природные антиоксиданты, обладающие антиокислительными свойствами, в условиях умеренных (до 50—60°C) температур, например некоторые сульфиды, и соединения с повышенной склонностью к окислению, например меркаптаны. Однако при нагреве топлив до 100°C и выше

эффективность природных антиоксидантов резко снижается, и топлива окисляются с образованием соединений, растворимых в топливе и выпадающих из него в виде смолистых веществ и твердых осадков. Склонность топлив к окислению при повышенных температурах с образованием таких продуктов, прежде всего осадков, характеризуется *термоокислительной стабильностью**.

Термоокислительная стабильность прямогонных реактивных топлив улучшается при удалении из них гетероатомных соединений в результате гидроочистки. Однако при гидроочистке из топлива удаляется не только основная масса соединений серы (меркаптаны — полностью), но и природные антиоксиданты, в результате химическая стабильность топлива ухудшается: повышается склонность его к окислению в условиях хранения и при повышенных температурах. Степень окисления гидроочищенных топлив определяется их углеводородным составом: наиболее склонны к окислению нафтено-ароматические углеводороды и углеводороды с третичным атомом углерода в молекуле. Первичными продуктами окисления, как правило, являются гидропероксиды, которые быстро, особенно при повышенных температурах, подвергаются дальнейшему окислению с образованием растворимых в топливе кислородсодержащих соединений нейтрального и кислотного характера.

Столь же интенсивно окисляются реактивные топлива, полученные с использованием других гидрогенизационных процессов (гидрокрекинг, глубокое гидрирование, гидродеароматизация и гидродепарафинизация). Несмотря на то, что при окислении реактивных топлив, полученных гидрогенизационными процессами, твердые осадки не образуются, длительному хранению и применению такие топлива не подлежат. Это связано с тем, что образующиеся гидропероксиды разрушают резиновые технические изделия и герметики, используемые в топливной системе самолетов, а кислотные продукты корродируют конструкционные материалы. Для повышения химической стабильности гидрогенизационных реактивных топлив (РТ, Т-8В, Т-6) в них на местах производства вводят антиоксидант — ионол (2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол) в концентрации 0,003—0,004%. В таких концентрациях он полностью предотвращает окисление гидрогенизационных топлив и хранить их можно в течение 10 лет. Высокую эффективность ионола сохраняет и при повышенных температурах (до 150—160°C), в связи с чем все гидрогенизационные реактивные топлива с содержанием 0,003—0,004% ионола обладают высокой термоокислительной стабиль-

* Используемый в стандартах на реактивные топлива термин «химическая стабильность» неправилен, так как в отсутствие кислорода топлива при температурах до 200—250°C разложению не подвергаются.

ностью. Степень окисления гидроочищенного реактивного топлива при его хранении в течение ≈ 50 сут при 60°C иллюстрируется следующими данными (числитель — для топлива без присадки, знаменатель — для топлива с добавкой 0,003% ионола):

Длительность хранения, сут	Содержание гидропероксидов, 10 ⁴ моль/л	Кислотность, мг КОН/100 см ³	Содержание адсорбционных смол, мг/100 см ³
Исходное	0,88	0,54	13
12	10,80/1,30	0,89/0,58	43/15
24,5	48,25/1,80	1,34/0,68	64/20
35,5	87,50/5,00	1,60/0,70	310/20
48,5	142,00/6,25	4,60/0,75	595/20

Оценивают термоокислительную стабильность реактивных топлив в статических и динамических условиях. В комплексе методов квалификационной оценки для топлив ТС-1 и Т-1 установлены менее жесткие по сравнению с топливами РТ, Т-8В и Т-6 нормы по термоокислительной стабильности, определяемой как в статических условиях (масса осадка, прибор ТСРТ-2, ГОСТ 11802—66), так и в динамических (перепад давления на фильтре и отложения на трубке, установка ДТС-1, ГОСТ 17751—72); это свидетельствует о достаточно низком их качестве по этому показателю:

	Масса осадка, мг/100 см ³	Перепад давления на фильтре, кПа	Отложения на трубке, балл
Т-1	≤ 35	≤ 50 за 4 ч	≤ 2
ТС-1	≤ 18	≤ 50 за 5 ч	≤ 2

Косвенным показателем, характеризующим термоокислительную стабильность реактивных топлив, является содержание в них фактических смол (по массе остатка в стаканчике после испарения топлива в струе воздуха или водяного пара). В зависимости от марки топлива их содержание не должно превышать 3—6 мг/100 см³.

Удаление гетероатомных соединений из прямогонных топлив с помощью гидроочистки существенно повышает их термоокислительную стабильность. Введение в топливо предварительно выделенных адсорбционным методом из него гетероатомных соединений резко ухудшает его термоокислительную стабильность (рис. 13). Окисление топлив при повышенных температурах ускоряется за счет каталитического воздействия металлов и сплавов, применяемых для изготовления топливных агрегатов, особенно меди, бронзы и латуни (рис. 14). Наиболее «опасная» температурная зона (140—190°C), в пределах которой масса осадков, образующихся при окислении топлив, и скорость забивки ими фильтров максимальные — от 140 до 190°C (рис. 15).

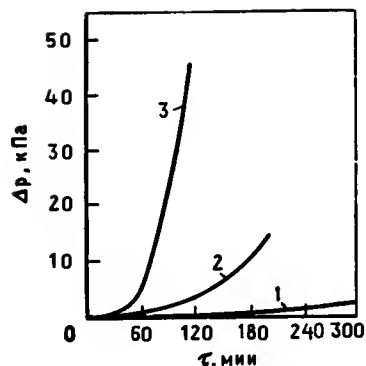


Рис. 13. Зависимость термоокислительной стабильности (перепада давления на фильтре Δp от времени испытаний τ) от количества гетероатомных соединений:

1 — товарное топливо; 2 — то же, и 38 мг/100 мл гетероатомных соединений; 3 — то же, и 150 мг/100 мл гетероатомных соединений

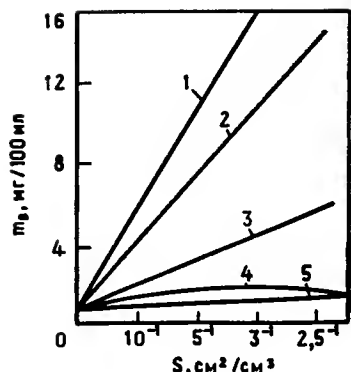


Рис. 14. Зависимость термоокислительной стабильности (по массе осадка m_0) топлива ТС-1 при 150 °С от поверхности контакта с металлами S:

1 — медь; 2 — бронза; 3 — латунь Л-68; 4 — дюралюминий Д-1; 5 — сталь 12ХНЗА

Совместимость с материалами. Реактивные топлива при их хранении, транспорте и применении могут корродировать материалы (металлы и сплавы), воздействовать на резиновые технические изделия и герметики, применяемые в топливной системе самолетов. Коррозионное воздействие на стенки камеры сгорания и лопатки газовой турбины или газовую коррозию способны оказывать и продукты сгорания реактивных топлив.

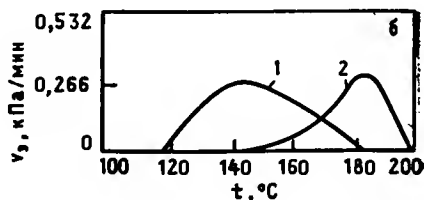
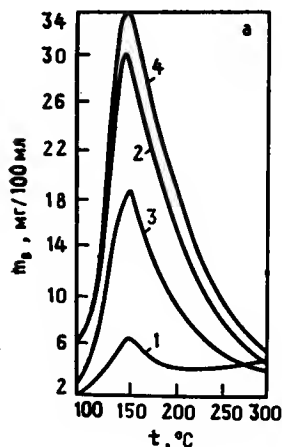


Рис. 15. Зависимость термоокислительной стабильности реактивных топлив от температуры t :

а — масса осадка m_0 при окислении в бомбе: 1 — ТС-1; 2 — Т-1; 3, 4 — ТС-1 и Т-1 в присутствии бронзы соответственно; б — средняя скорость забивки фильтра v_3 : 1 — Т-1; 2 — ТС-1

Различают три вида коррозии, обусловленной воздействием реактивных топлив в жидкой фазе: химическую, электрохимическую и биохимическую. Химическая коррозия протекает при непосредственном химическом взаимодействии коррозионно-активных веществ, содержащихся в топливе, в первую очередь с цветными металлами или сплавами, из которых изготовлены детали агрегатов топливной системы двигателя. Степень коррозионного воздействия топлива зависит от характера и количества гетероатомных соединений, содержащихся в топливе, температуры и продолжительности контакта топлива с материалами и их составом.

Химическая коррозия металлов и сплавов обуславливается, прежде всего, наличием в реактивных топливах активных гетероатомных соединений (меркаптанов) и кислородсодержащих соединений кислотного характера. Кроме того, в топливе, полученном гидроочисткой, возможно присутствие очень коррозионно-агрессивных сероводорода и свободной серы. Последняя вызывает интенсивную коррозию роторов топливных насосов, изготовленных из бронзы, но не воздействует на другие детали топливной аппаратуры, цинковые или кадмиевые покрытия. Коррозионный процесс вначале сопровождается «разъеданием» поверхности бронзы, затем на ней образуются значительные коррозионные отложения черного цвета — сульфид меди. Эти отложения в последующем откалываются от поверхности и скапливаются в топливе в виде осадка, забивающего затем фильтрующие элементы, проходные сечения топливных регуляторов, форсунок и других деталей.

Влияние свободной серы и меркаптанов на коррозионную агрессивность реактивных топлив при 120 °С иллюстрируется следующими данными:

Наибольшему коррозионному воздействию меркаптанов подвергаются медь и ее сплавы. С повышением температуры коррозионная агрессивность меркаптанов возрастает, особенно в отношении бронзы. При повышенных (>150 °С) температурах коррозию конструкционного материала могут вызывать не только меркаптаны, но и продукты их окисления — сульфокислоты, причем более интенсивно.

Содержание в топливе серы/меркаптанов, %	Коррозия бронзы ВБ-24, г/м²
Топливо ТС-1	
0,001/0,002	0,5
0,001/0,003	0,8
0,002/0,006	2,5
0,004/0,002	7,2
Топливо Т-2	
0,004/0,003	6,5

Ввиду высокой коррозионной агрессивности меркаптанов, их содержание в реактивных топливах строго ограничивается.

Основа масса соединений серы, содержащихся в реактивных топливах, полученных прямой перегонкой сернистых нефтей (сульфиды, дисульфиды, тиофены и тиофаны), не вызывает коррозии топливной аппаратуры двигателей при температурах 100—140 °С, но при температурах >150 °С сульфиды расщепляются с образованием коррозионно-активных соединений — меркаптанов и сероводорода, а при >200 °С — дисульфидов и тиофанов.

Под влиянием органических кислот, содержащихся в топливах, в большей степени корродируют медь и ее сплавы, затем цинк, магний и низколегированные стали. Алюминий и дюралюминий кислотной коррозии не подвергаются.

Электрохимическая коррозия материалов реактивными топливами имеет место при наличии в них нерастворенной или эмульсионной воды, выпадающей из топлива при его охлаждении. Наиболее сильно электрохимическая коррозия проявляется в отношении низколегированной стали, из которой изготавливают складские резервуары, а также бронзы ВБ-23НЦ (ее применяют для изготовления роторов топливных насосов вместо бронзы ВБ-24, очень чувствительной к коррозионному воздействию меркаптанов). Стальные детали топливных агрегатов изготавливают из легированных сталей, менее чувствительных к электрохимической коррозии.

Электрохимическая коррозия стенок и дна резервуаров и выполненных из стали деталей топливных агрегатов проявляется в виде отдельных пятен ржав-

чины, местных потемнений и незначительных по глубине очагов. Коррозия сталей сопровождается образованием мелкодисперсных коричневых частиц, состоящих в основном из гидроксида железа. Эти твердые частицы находятся во взвешенном состоянии, но, оседая, могут забить фильтры и топливные агрегаты, а также заклинить плунжерные пары топливных насосов. Электрохимическая коррозия наиболее опасна для кадмевых покрытий, ранее широко используемых при изготовлении различных деталей топливной системы двигателя.

Наличие в реактивном топливе эмульсионной воды при повышенных температурах (40—50 °C) является причиной *биохимической коррозии*, обусловленной присутствием в топливе микроорганизмов. Максимальный рост микроорганизмов, как правило, наблюдается на поверхности раздела воды и топлива. Наиболее характерна биохимическая коррозия для топливных отсеков, на стенках которых обнаруживается коричневый слизистый осадок, представляющий собой микрзагрязнения топлив, воду и бактерии. При этом наблюдается разрушение полимерных защитных покрытий топливных отсеков и питтинговая коррозия на поверхности алюминия, иногда настолько глубокая, что топливо просачивается и обнаруживается на поверхности крыла. Активная жизнедеятельность микроорганизмов проявляется в тропических зонах, где высокие температуры сочетаются с большой влажностью воздуха. Для предотвращения жизнедеятельности микроорганизмов за рубежом при применении реактивных топлив в тропических странах в них вводят биоцидные присадки.

Газовая коррозия, химическая по характеру, обусловлена наличием в продуктах сгорания топлива диоксида серы SO_2 и оксидов ванадия, молибдена и натрия. Концентрация SO_2 в продуктах сгорания топлива зависит от содержания в нем соединений серы:

Содержание, %:					
серы в топливе	0,07	0,19	0,29	0,38	
SO_2 в продуктах сгорания	0,004	0,009	0,014	0,019	

При 800 °C коррозионная стойкость хромоникелевых сталей, используемых для изготовления лопаток газовой турбины, при наличии SO_2 в продуктах сгорания падает. При более высоких температурах под действием SO_2 никель, входящий в состав стали, образует сульфид, который способствует развитию межкристаллитной коррозии, а отлагаясь на поверхности, он образует с никелем легкоплавкую эвтектику (температура плавления 625 °C), в месте образования которой металл плавится и выгорает, в результате чего образуются очаги коррозии.

Скорость газовой коррозии и температура, при которой она начинается, зависят от содержания серы в топливе:

Содержание серы в топливе, %	0,01	0,015	0,07	0,13	0,15
Скорость коррозии, г/(м ² ·ч)	0,75	1,25	2,10	4,90	4,90
Температура начала коррозии, °C	1040	1030	1015	965	960

Содержание меркаптанов в реактивных топливах жестко регламентируют в виду того, что они способствуют интенсивной химической коррозии, общее содержание серы строго ограничивают из-за опасности газовой коррозии.

Наличие ванадия в реактивном топливе приводит к газовой коррозии лопаток турбины. Он может присутствовать в виде сложных высокомолекулярных азотсодержащих соединений —

порфиринов (более типично наличие этих соединений в газотурбинном и котельном топливах). Соединения натрия могут попадать в топливо с пылью из окружающего воздуха или вследствие недостаточной промывки топлива водой после его щелочной очистки, применяемой в отдельных случаях для снижения кислотности топлива или удаления из него сероводорода. К низкоплавким соединениям относится и оксид молибдена MoO_3 , образующийся при сгорании топлив, содержащих его соединения. Наличие порфиринов возможно в топливах, полученных прямой перегонкой нефти; соединения молибдена, а также кобальта, никеля и цинка могут попасть в реактивные топлива, прошедшие обработку в присутствии катализаторов, содержащих эти элементы. В комплексе методов квалификационной оценки реактивных топлив предусмотрено спектральное определение перечисленных элементов и установлено предельно допустимое их содержание (не более 10⁻⁵%).

Воздействие реактивных топлив на резиновые технические изделия, применяемые в топливной системе самолетов и двигателей (манжеты, втулки, прокладки и т. д.), и герметики, приводящие к их старению (потеря эластичности и формы, появление трещин и выкрашивание), отмечается в присутствии гидропероксидов — продуктов окисления топлив. Природные антиокислители (например, в прямогонных топливах) или введенные в гидрогенизационные топлива (нонол) предотвращают окислительные процессы в топливах, тем самым и воздействие топлив на резиновые технические изделия и герметики. Можно применять более стойкие к окислению резины. В соответствии с комплексом методов квалификационной оценки степень воздействия топлива на резиновые технические изделия и тнколовые герметики оценивают по пределу прочности и относительному удлинению резины, ее работоспособности, а также изменению твердости герметика.

Противоэрозийные свойства. В процессе эксплуатации реактивных двигателей возможен повышенный износ деталей и узлов агрегатов топливной аппаратуры, связанный с трением, абразивным воздействием топливной среды и кавитацией.

Повышенный износ деталей топливных насосов-регуляторов (качающего узла и регулирующей части) увеличивает зазор в прецизионных парах и приводит к утечке топлива через зазоры, при этом снижается производительность насосов и изменяется режим работы двигателя. Эксплуатация двигателя нарушается и в результате заклинивания плунжерных и золотниковых пар насоса из-за попадания в них продуктов износа. Износ сфер плунжеров топливных насосов-регуляторов плунжерного типа, установленных на двигателях большинства типов самолетов, — наиболее характерный дефект. Поверхность сфер срабатывает вплоть до образования заусенцев на краях поверхности

плунжера и скалываний. Чрезмерный износ сфер плунжеров приводит к снижению максимальной производительности насоса, неравномерности подачи топлива и дополнительным нагрузкам, сокращающим срок службы насоса-регулятора.

Износ трущихся деталей и узлов агрегатов топливной аппаратуры предотвращается при надежной смазке, осуществляемой самым топливом. В связи с этим топливо должно обладать хорошими смазывающими, или противозносными свойствами, обеспечивающими длительный ресурс топливной аппаратуры реактивных двигателей.

Противозносные свойства предусмотрено контролировать комплексом методов квалификационной оценки и испытаниями по 1 этапу. Топливо однократно прокачивают на серийном насосе-регуляторе НР-21Ф-2 на типичных эксплуатационных режимах и нагрузках в диапазоне температур от 20—40 до 120 °С. Противозносные свойства топлива определяют по средней величине износа сферы 9-ти плунжеров и беговой дорожки наклонной шайбы. Вначале испытания проводили поэтапно по 5 ч общей продолжительностью 100 ч, при этом на одно испытание расходовалось 120 т топлива. В настоящее время за счет ужесточения режима испытаний их продолжительность составляет 50 ч и расход топлива 27 т.

Оценивают противозносные свойства на модельных установках: на лабораторном стенде с узлом трения на основе насоса-регулятора НР-21Ф-2 (для топлив всех марок), на приборах УПС-01 и ПСГ-2 и на стенде СИСТ-1 (только для гидрогенизационных топлив).

Противозносные свойства реактивных топлив зависят от вязкости топлив, содержания в них меркаптанов и обуславливаются наличием поверхностно-активных веществ, способных

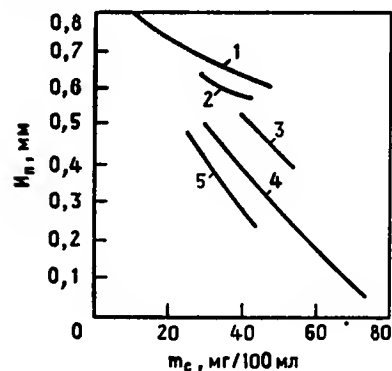


Рис. 16. Зависимость износа сфер плунжеров I_n от содержания в топливе ТС-1 адсорбционных смол m_c при различном содержании меркаптанов: 1 — гидроочищенное топливо; 2 — 0,0068% меркаптановой серы; 3 — 0,0051—0,0052% меркаптановой серы; 4 — 0,003—0,0034% меркаптановой серы; 5 — 0,0004—0,0009% меркаптановой серы

Рис. 17. Взаимосвязь износа сфер плунжеров I_n и вязкости реактивных топлив η при 20 °С:

О — топливо ТС-1; X — гидроочищенное топливо

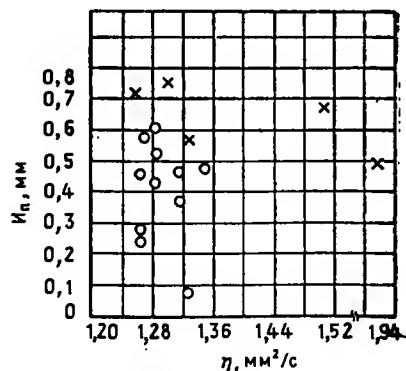


Таблица 1.8. Показатели противозносных свойств топлив ТС-1 до (числитель) и после (знаменатель) их защелачивания

Номер образца	Вязкость при 20 °С, мм ² /с	Кислотность, мг КОН/100 см ³	Износ, мм*	
			сфер плунжерон	шайбы
1	1,33/1,30	0,26/0,17	0,30/0,68	0,05/0,19
2	1,30/1,27	0,37/0,26	0,25/0,46	0,06/0,12
3	1,35/1,40	0,32/0,27	0,30/0,48	0,06/0,08

* Топливо прокачивают через насос-регулятор НР-21Ф-2 в течение 100 ч.

адсорбироваться на поверхности трущихся пар, предотвращая их износ. Наличие поверхностно-активных веществ в топливах и их способность адсорбироваться на поверхности трущихся пар определяют по содержанию и характеру адсорбционных смол, выделенных из топлива методом адсорбции.

Влияние адсорбционных смол на противозносные свойства топлив иллюстрируется зависимостями, представленными на рис. 16. Прямогонные топлива ТС-1 имеют лучшие противозносные свойства, чем гидроочищенные (при гидроочистке не только удаляется значительная часть гетероатомных соединений, но изменяется их структура, в результате чего их поверхностно-активные свойства менее выражены, рис. 17). Меркаптаны увеличивают износ сфер плунжеров (см. рис. 16).

Наиболее эффективно улучшают противозносные свойства реактивных топлив гетероатомные соединения кислотного характера (частично удаляемые при защелачивании), что подтверждается данными табл. 1.8 для топлива ТС-1.

Топливо, получаемое прямой перегонкой нефти и имеющее кислотность не более 0,7 мг КОН/100 см³ (максимально допустимая величина) защелачиванию не подвергается.

При вязкости реактивных топлив, изменяющейся в пределах 1,26—1,98 мм²/с при 20 °С, она практически не влияет на их противозносные свойства (рис. 17). Это объясняется, прежде всего, отмеченным выше существенным влиянием на противозносные свойства реактивных топлив содержащихся в них гетероатомных соединений, а также малым различием вязкостей таких топлив при повышенных температурах (100—120 °С), имеющих место при использовании реактивных топлив на реальной топливной аппаратуре (рис. 18). При вязкости реактивного топлива менее 1,26 мм²/с при 20 °С его противозносные свойства заметно ухудшаются.

Влияние на износ сфер плунжеров температуры топлива иллюстрируют зависимости, представленные на рис. 19 (реактивное топливо прокачивалось через насос-регулятор НР-21Ф-2 в течение 100 ч).

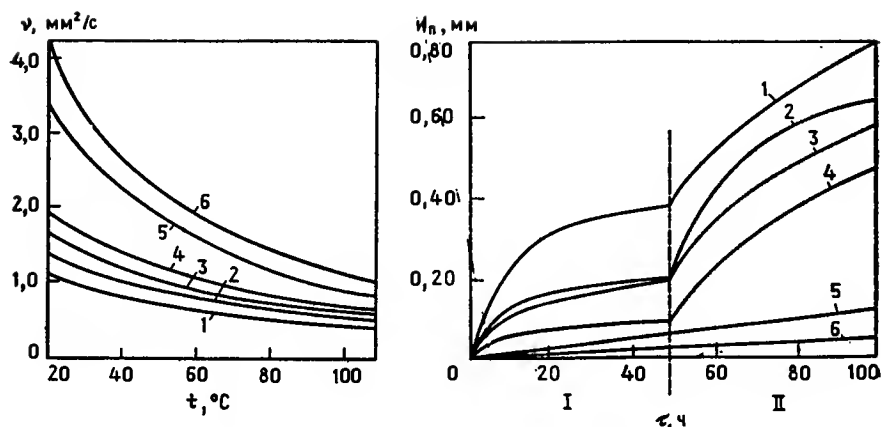


Рис. 18. Зависимость кинематической вязкости ν реактивных топлив от температуры t :

1 — Т-2; 2 — ТС-1 и РТ; 3 — Т-1; 4 — Т-8В; 5 — Т-6 по ТУ; 6 — Т-6 по ГОСТ

Рис. 19. Зависимость износа сфер плунжеров I_n от длительности испытания реактивных топлив τ :

1—3 — гидроочищенные топлива вязкостью 1,31, 1,52, 1,94 мм²/с соответственно; 4—6 — топлива ТС-1, Т-1 и РТ соответственно; I — холодный этап; II — горячий этап

На топливе, обладающем низкими противозносными свойствами, основной износ имеет место на «горячих» этапах, когда вязкостные свойства всех топлив, за исключением Т-6, сближаются. Но и на «холодных» этапах основное влияние на износ сфер плунжеров оказывает не вязкость топлива, а содержащиеся в нем гетероатомные соединения и их характер. Особенно сильно их влияние проявляется при испытаниях топлив Т-1 и РТ, износ сфер плунжеров на которых за 100 ч испытаний, включая «горячие» этапы, составил 0,10 и 0,05 мм соответственно. В топливе Т-1 содержится 60—120 мг/100 мл адсорбционных смол, в топливе ТС-1 — 10—60 мг/100 мл, а в гидроочищенном топливе — до 20 мг/100 мл. Топливо РТ содержит 0,003% присадки «К», вводимой в гидрогенизационные топлива для улучшения их противозносных свойств.

Существенное влияние вязкости реактивных топлив на их противозносные свойства проявляется при ее значении при 20 °С более 4 мм²/с (что соответствует $\approx 1,0$ мм²/с при 120 °С). Это характерно для топлива Т-6, вырабатываемого по ГОСТ 12308—80. Износ сфер плунжеров за 100 ч испытаний на этом топливе не превышает 0,15—0,20 мм. Вязкость топлива Т-6, выпускаемого по ТУ 38 101629—82 ($\leq 3,5$ мм²/с), не обеспечивает требуемых противозносных свойств.

Степень износа сфер плунжеров зависит от материала, из которого они изготовлены (табл. 1.9). Сталь Х12М более износостойчива, чем сталь ХВГ, поэтому в последнее время плунжеры изготавливают из стали Х12М.

Таким образом, хорошие противозносные свойства реактивных топлив обуславливаются, прежде всего, наличием в них

гетероатомных соединений, часть которых, особенно соединения кислотного характера, обладает поверхностно-активными свойствами. С этой точки зрения нежелательно удаление из топлив гетероатомных соединений. Однако последние при повышенных температурах (≥ 100 °С) легко окисляются с образованием осадков, т. е. являются основной причиной низкой термоокислительной стабильности реактивных топлив, получаемых прямой перегонкой нефти. Для ее улучшения, а часто и для обескислоривания прямогонные топлива подвергают гидроочистке. В результате ухудшаются их противозносные свойства и химическая стабильность. Поэтому в реактивные топлива, получаемые гидроочисткой и другими гидрогенизационными процессами, вводят кроме антиокислителя противозносную присадку. Наиболее эффективной является присадка «К» в концентрации 0,002—0,004%. При такой концентрации кислотность топлив, полученных с использованием гидрогенизационных процессов, не превышает 0,7 мг КОН/100 см³, что не сказывается отрицательно на других эксплуатационных свойствах топлив. Износ сфер плунжеров насосов-регуляторов при их испытаниях в течение 100 ч на гидрогенизационных топливах различных марок, содержащих 0,002—0,004% присадки «К», составляет в среднем 0,02—0,05 мм, т. е. не превышает 0,1 мм.

Косвенно противозносные свойства регламентируются кислотностью, нижний предел которой для топлив РТ, Т-8В и Т-6 (по ТУ 38 101560—80), составляет 0,4 мг КОН/100 см³.

Таблица 1.9. Влияние материала плунжеров на износ сфер (топлива ТС-1 в условиях эксплуатации)

Номер образца	Тип насоса и материал плунжеров	Число исследованных насосов	Продолжительность работы насосов, ч	Износ, мм	
				сфер плунжеров	плунжеров*
1	НР-14 (ХВГ)	1	120	0,05	0,107
	НР-14 (Х12М)	1	246	0,05	0,050
2	НР-14 (ХВГ)	12	109—200	0,28—0,60	0,600
	НР-14 (Х12М)	3	244—248	0,04—0,05	0,047
	НР-22 (Х12М)	3	182—194	0,07—0,08	0,088
	НР-54 (Х12М)	3	182—194	0,04—0,05	0,055
3	НР-14 (ХВГ)	2	142—149	0,02—0,27	0,244
	НР-14 (Х12М)	2	249	0,01	0,006
4	НР-22 (Х12М)	4	140—250	0,13—0,23	0,194
	НР-21 (Х12М)	4	140—250	0,00—0,05	0,040
5	НР-14 (ХВГ)	7	197—245	0,14—0,50	0,400
6	НР-14 (ХВГ)	9	153—248	0,27—0,50	0,379
	НР-14 (Х12М)	1	248	0,05	0,050

* Средний, приведенный к 250 ч износ.

Ассортимент, состав и качество реактивных топлив

Реактивные топлива вырабатывают для самолетов дозвуковой авиации по ГОСТ 10227—86 и для сверхзвуковой по ГОСТ 12308—80, ТУ 101629—82 и ТУ 38 101560—80. Согласно ГОСТ 10227—86 предусмотрено производство четырех марок топлива: ТС-1, Т-1, Т-2 и РТ (табл. 1.10). Однако в настоящее время практически вырабатывают топлива двух марок — ТС-1 (высшей и первой категории качества) и РТ (высшей категории качества); в небольшом объеме производят топливо Т-1 (первой категории качества).

Топливо ТС-1 — продукт прямой перегонки сернистых нефтей парафинового основания или малосернистых высокопарафиновых нефтей с пределами выкипания 130—250 °С (вследствие высокого содержания в таких нефтях парафиновых углеводородов невозможно получать топливо Т-1 с температурой конца кипения 280 °С и плотностью не менее 800 кг/м³). Из-за наличия большого количества парафиновых углеводородов в нефтях, используемых для получения топлива ТС-1, для обеспечения требуемой стандартом температуры начала кристаллизации, как отмечалось выше, необходимо снижать температуру конца кипения; как следствие этого снижаются плотность и вязкость.

Дистилляты, получаемые из нефтей парафинового основания, содержат немного нафтеновых кислот, что, как правило, удовлетворяет требованиям стандарта по кислотности (поэтому они не подвергаются защелачиванию и водной промывке). Однако в дистиллятах нефтей Урало-Поволжского месторождения содержание меркаптанов, а в дистиллятах некоторых нефтей и общее содержание соединений серы превышает допустимые стандартом пределы (0,005% меркаптановой и 0,25% общей серы). Эти дистилляты подвергают гидроочистке, в результате которой удаляются сернистые и другие гетероатомные соединения, и получают топливо, обладающее высокой термоокислительной стабильностью. Дистилляты парафиновых нефтей вследствие наличия в них гетероатомных соединений, преимущественно кислородсодержащих (в меньшем количестве, чем в топливе Т-1), обладают недостаточно высокой термоокислительной стабильностью, что ограничивает на 25—30% срок службы того же двигателя НК-8. В связи с этим, гидроочистку широко применяют в тех случаях, когда содержание в дистиллятах общей и меркаптановой серы соответствует требованиям стандарта.

Наряду с гидроочисткой для дистиллятов, в которых содержание меркаптановой серы превышает установленную для топлива ТС-1 норму, а общее содержание серы находится в пределах требований стандарта, используют процессы демеркаптанации — Мерокс и обработку дистиллята цинковыми соединениями.

Таблица 1.10. Характеристика топлива для реактивных двигателей (ГОСТ 10227—86)

Показатель	ТС-1*	Т-1	Т-2	РТ
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	780 (775)	800	755	775
Фракционный состав, °С:				
н. к.	≤150	≤150	≥60	135—155
10% (об.), не выше	165	175	145	175
50% (об.), не выше	195	225	195	225
90% (об.), не выше	230	270	250	270
98% (об.), не выше	250	280	280	280
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 20 °С, не менее	1,30 (1,25)	1,50	1,05	1,25
при —40 °С, не более	8	16	16	16
Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43120(42900)	42900	43100	43120
Высота неоптимального пламени, мм, не менее	25	20	25	25
Кислотность, мг КОН/100 см³	≤0,7	≤0,7	≤0,7	0,4—0,7
Иодное число, г I₂/100 г топлива, не более	2,5 (3,5)	2,0	3,5	0,5
Температура, °С:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	28	30	—	28
начала кристаллизации, не выше	—60	—60	—60	—55
Термическая стабильность в статических условиях при 150 °С: содержание осадка, мг/100 см³, не более:				
и течение 4 ч	8 (10)	18	10	—
и течение 5 ч	18	—	—	6
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	3 (5)	6	5	4
Содержание, %, не более:				
ароматических углеводородов	22	20	22	22
общей серы	0,20 (0,25)	0,10	0,25	0,10
меркаптановой серы	0,003(0,005)	—	0,005	0,001
водорастворимых кислот, щелочей, сероводорода, мыл нафтеновых кислот, механических примесей и воды	Отсутствие			
Испытание на медной пластинке (100 °С, 3 ч)	Выдерживает			
Зольность, %, не более	0,003	0,003	0,003	0,003

Показатель	ТС-1*	T-1	T-2	PT
Взаимодействие с водой, балл, не более:				
состояние поверхности раздела	1	—	—	1
состояние разделенных фаз	1	—	—	1
Удельная электрическая проводимость, пСм/м:				
при температуре заправки, не менее	50	—	50	50
при 20 °С, не более	600	—	600	600
Содержание суммы водорастворимых щелочных соединений		Отсутствие		

* В скобках приведены значения показателей для ТС-1 первой категории качества, отличные от значений для высшей категории качества.

Примечания.

1. Для топлива T-2 регламентируется давление насыщенных паров при 37,8 °С — не более 133 гПа (100 мм рт. ст.).

2. Для топлива PT: термическая стабильность в статических условиях при 150 °С при окислении в течение 5 ч — не более 30 мг/100 см³ растворимых смол и не более 3 мг/100 см³ нерастворимых смол; термическая стабильность в динамических условиях при 150—180 °С — перепад давления на фильтре за 5 ч — не выше 10 кПа; отложения на подогревателе — не более 2 баллов; содержание нафталиновых углеводородов — не более 1,5% (масс.); люминесметрическое число — не ниже 50.

3. Удельная электрическая проводимость нормируется только для топлив с антистатической присадкой «Синбол».

4. Топливо PT для климатической зоны I₁ изготавливают с $t_{н.кр} < -60$ °С, с $t_{н.кр} > -60$ °С (но не выше —55 °С) предназначено для применения во всех климатических зонах за исключением зоны I₁ (ГОСТ 16350—80).

5. Для топлива ТС-1, предназначенного для всех климатических зон за исключением зоны I₁ (ГОСТ 16350—80), допускается $t_{н.кр} < -55$ °С для марки высшей категории качества и $t_{н.кр} < -50$ °С — первой категории качества. Топливо для климатической зоны I₁ вырабатывают по согласованию с потребителем. В топливе после длительного (более 3 лет) хранения допускается отклонение от норм: кислотность — на 0,1 мг КОН/100 см³; содержание фактических смол — на 2 мг/100 см³; содержание осадка при определении термической стабильности в статических условиях — на 2 мг/100 см³.

6. По требованию потребителей топливо T-1 должно выпускаться плотностью при 20 °С не менее 810 кг/м³.

В процессе Мерокс содержащиеся в дистилляте меркаптаны окисляются в дисульфиды кислорода воздуха в присутствии специального катализатора, чувствительного к нефтяным кислотам. Поэтому перед демеркаптаннизацией дистиллят подвергают зашлачиванию и водной промывке, и продукт вследствие этого обладает низкими и противозносными свойствами, для улучшения которых в него добавляют 0,002% присадки «К».

Обработку дистиллятов цинковыми соединениями проводят в адсорбционном режиме (при 160—200 °С) или в режиме катализа (280—300 °С). В первом варианте меркаптаны адсорбируются на поверхности цинковых солей, что требует регенерации адсорбента после его насыщения меркаптанами. С одной стороны, это ограничивает срок службы цинковых солей, с другой, не позволяет использовать дистилляты с большим содержанием меркаптанов (не более 0,01% меркаптановой серы). Кроме меркаптанов на поверхности цинковых солей адсорбируются нефтяные кислоты и другие поверхностно-активные вещества, содержащиеся в дистилляте, и вследствие этого ухудшаются его противозносные свойства. Поэтому демеркаптаннизованный дистиллят сме-

ашивают с исходным в соотношении 1:1, но и при полном удалении меркаптанов из дистиллята их содержание в смесевом продукте, т. е. в топливе ТС-1, может достигать 0,004—0,005%.

В режиме катализа происходит расщепление меркаптанов с образованием сероводорода, поэтому цинковые соединения могут работать достаточно длительный срок и на сырье, содержащем более 0,01% меркаптановой серы. Но так как содержание сероводорода в топливе недопустимо, демеркаптаннизованный в режиме катализатора дистиллят подвергают зашлачиванию и водной промывке либо тщательной стабилизации. Наряду с меркаптанами расщеплению подвергаются и поверхностно-активные соединения, что ухудшает противозносные свойства демеркаптаннизованного продукта, и его также смешивают в соотношении 1:1 с исходным дистиллятом. Если на нефтеперерабатывающем предприятии перерабатывают разные нефти, в дистиллятах которых содержание меркаптанов выше и ниже нормы, используют смеси таких дистиллятов. Это позволяет подвергать демеркаптаннизации фракции с содержанием >0,01% меркаптановой серы. При выработке топлива ТС-1 на предприятиях, оснащенных установкой гидроочистки, эпизодически, при поступлении нефти, в дистиллятах которой >0,005% меркаптановой серы, один блок гидроочистки дизельного топлива переводят на гидроочистку дистиллята топлива ТС-1. Полученный гидрогенизат, не содержащий меркаптанов, смешивают с исходным дистиллятом в таком соотношении, чтобы содержание в смеси меркаптановой серы не превышало 0,005%, причем максимальное количество гидрогенизата в смеси не должно превышать 70% во избежание недостаточных противозносных свойств смесового топлива ТС-1.

Топливо T-1 — продукт прямой перегонки малосернистых нефтей нафтенного основания с пределами выкипания 130—280 °С. Содержит большое количество нафтенных кислот и имеет высокую кислотность, поэтому его подвергают зашлачиванию с последующей водной промывкой (для удаления образующихся в результате зашлачивания натриевых мыл нафтенных кислот). Наличие значительного количества гетероатомных соединений, в основном кислородсодержащих, обуславливает, с одной стороны, относительно хорошие противозносные свойства и достаточно приемлемую химическую стабильность топлива, с другой — плохую термоокислительную стабильность. Длительный опыт применения топлива T-1 в авиации показал, что вследствие его низкой термоокислительной стабильности имеют место повышенные смолистые отложения в двигателе НК-8, установленном на основных типах самолетов гражданской авиации (ТУ-154, ИЛ-62, ИЛ-76), в результате чего резко (почти в два раза) сокращаются сроки службы двигателя. Производство топлива T-1 очень ограничено, и оно вырабатывается только по первой категории качества.

Топливо T-2 (первой категории качества) — продукт прямой перегонки широкого фракционного состава, выкипающий в пределах от 60 до 280 °С; содержит до 40% бензиновой фракции и потому обладает высоким значением давления насыщенных паров и низкими вязкостью и плотностью. Повышенное давление насыщенных паров топлива T-2 создает опасность образования паровых пробок в топливной системе самолета, что ограничивает высоту его полета. Низкая вязкость обуславливает

плохие противознозные свойства топлива, что ограничивает срок службы топливных агрегатов, а низкая плотность — дальность полета (именно в связи с этими эксплуатационными недостатками производство топлива Т-2 до сих пор не организовано).

Топливо РТ — получают гидроочисткой прямогонных дистиллятов с пределами выкипания 135—280 °С. Содержит 0,003—0,004% ионола и 0,002—0,004% присадки «К». Гидроочистку проводят на алюмокобальт- или алюмоникельмолибденовом катализаторе (разной модификации) при 300—370 °С, давлении 3,5—5,0 МПа, объемной скорости до 12 ч⁻¹ при соотношении водородсодержащего газа к сырью не менее 200 м³/м³ и концентрации водорода в водородсодержащем газе не менее 75%.

В качестве сырья для гидроочистки используют дистилляты парафиновых нефтей (практически топливо ТС-1) либо дистилляты тех нефтей, из которых получить топливо ТС-1 нельзя из-за повышенного содержания в них меркаптановой или общей серы. Чтобы удовлетворить требования к качеству топлива РТ по температуре начала кристаллизации (не выше —55 °С, а для зоны I₁ не выше —60 °С), температуру конца кипения для топлива РТ, как и для топлива ТС-1, как правило, ограничивают 220—230 °С.

В состав топлива РТ иногда вовлекают до 20% так называемого денормализата. Это продукт, полученный депарафинизацией на цеолите фракции от 200 до 305—310 °С или от 200 до 270—280 °С, подвергнутой предварительно глубокой гидроочистке. Обладая хорошими низкотемпературными свойствами ($t_{н.кр}$ ниже —50...—55 °С) и хорошей термоокислительной стабильностью, денормализат имеет достаточно высокую плотность (от 815 до 835 кг/м³), но в нем содержится до 22—27% ароматических углеводородов, из них до 2—4% нафталиновых. Для получения топлива РТ его можно вовлекать в гидрогенизаты с содержанием ароматических углеводородов не более 20%. Ограничением содержания в топливе РТ денормализата является также его фракционный состав, в частности температуры начала и конца кипения (305—310 °С). Топливо РТ с содержанием до 20% денормализата имеет температуру конца кипения от 260 до 280 °С и большую плотность.

Топливо РТ полностью соответствует требованиям, предъявляемым к реактивным топливам высшей категории качества, и находится на международном уровне, превосходя его по отдельным эксплуатационным свойствам. Оно имеет высокие противознозные свойства, химическую и термоокислительную стабильность, не агрессивно в отношении конструкционных материалов, практически не содержит меркаптанов и содержит менее 0,02 общей серы, может храниться до 10 лет без изменения качества и полностью обеспечивает ресурс работы дви-

гателя НК-8. Следует заметить, что зарубежными спецификациями на реактивное топливо допускается максимальное содержание в нем ароматических углеводородов 25% (об.) [$\approx 27\%$ (масс.)] и в том числе 3,4% (об.) нафталиновых. При этом минимально допустимые значения высоты некоптящего пламени и люцинометрического числа соответственно составляют 20—25 и ≥ 45 .

Характеристики реактивных топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов — топлива Т-6, вырабатываемого по ГОСТ 12308—80 (числитель) и ТУ 38 101692—82 (знаменатель), а также топлива Т-8В, вырабатываемого по ТУ 38 101560—80, приведены в табл. 1.11.

Топлива Т-6 получают глубоким гидрированием малосернистых нефтей и продуктов их переработки (по ГОСТ 12308—80) и восточных сернистых нефтей и продуктов их переработки (по ТУ 38 101692—82).

Топливо Т-8В получают из дистиллятов прямой перегонки нефти с применением гидрогенизационных процессов.

Все топлива должны изготавливаться по технологии, которая применялась при получении образцов, прошедших государственные испытания с положительными результатами на двигателях или по комплексу методов квалификационной оценки и допущенных к применению в установленном порядке.

Топлива, предназначенные для сверхзвуковой авиации, имеют высокую термоокислительную стабильность; для повышения химической стабильности в них добавляют 0,003—0,004% ионола, а для улучшения противознозных свойств в топливо Т-6 (по ТУ 38 101692—82) и в топливо Т-8В вводят 0,002—0,004% присадки «К». Во избежание повышенного нагарообразования при использовании топлива Т-6 содержание ароматических углеводородов в нем не должно превышать 10%.

Все реактивные топлива — диэлектрики и при перекачках и фильтровании в них может накапливаться статическое электричество, разряд которого вызывает искру и воспламенение паров топлива. По требованию потребителей во все топлива, за исключением Т-6, может вводиться антистатическая присадка Сигбол в концентрации до 0,0025%, и для контроля за ее наличием нормируется удельная электрическая проводимость топлива.

ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

Дизельное топливо предназначается для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники. Условия смесеобразования и воспламенения топлива в дизелях отличаются от таковых в карбюраторных двигателях. Преимуществом первых является возможность осуществления высокой

Таблица 1.11. Характеристики топлива для реактивных двигателей со сверхзвуковой скоростью*

[*] — Показатель яе яормируется. Определенне обязательно

Показатель	Т-6		Т-8В		Показатель	Т-6		Т-8В
	ГОСТ 12308—80	ТУ 38 101629—82	ГОСТ 12308—80	ТУ 38 101660—80		ГОСТ 12308—80	ТУ 38 101629—82	ТУ 38 101660—80
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не менее	840	840	800		Термическая стабильность динамическим методом при 150—180 °С:			
Фракционный состав, °С:					перепад давления на фильтре за 5 ч, МПа, не выше	0,01	0,01	0,01
и. к., не ниже	195	195	165		отложения на подогревателе, баллы, не более	—	1	1
10% (об.), не выше	220	220	185		Любометрическое число, не ниже	—	45	50
50% (об.), не выше	255	255	[*]		Содержание, %, не более:			
90% (об.), не выше	290	290	280		ароматических углеводородов	10	10	22
98% (об.), не выше	315	315			общей серы	0,05	0,04	0,1
Вязкость кинематическая, мм ² /с:					меркаптановой серы	Отсутствие	Отсутствие	0,001
при 20 °С	≤4,5	≤3,5	≥1,5		сероводорода (на месте производства)	—	Отсутствие	—
при —40 °С	≤60,0	≤25,0	≤16,0		нафталиновых углеводородов	—	0,5	2,0
Теплота сгорания низшая, не менее:					водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
кДж/кг	42900	42900	42900		мыл нафтеновых кислот	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Высота неkotпящего пламени, мм, не менее	10250	10250	10250					
Кислотность, мг КОН/100 см ³ :	20	20	20					
до введения присадок после введения композиции присадок	≥0,5	≤0,1	—					
	—	0,4—0,7	0,4—0,7					

Температура начала кристаллизации, °С, не выше	—60	—60	—50	Отсутствие	Содержание суммы водорастворимых щелочных соединений	Отсутствие
Иодное число, г I ₂ /100 г, не более	1,0	0,8	1,0		Испытание на медной пластинке (100 °С, 3 ч)	В выдерживает
Термическая стабильность в статических условиях (150 °С, 5 ч): содержание, мг/100 см ³ , не более:					Зольность, %, не более	0,003
ирастворимого осадка растворимых смол ирстворимых смол	6	6	6		Взаимодействие с водой, балл, не более:	0,003
Содержание фактических смол, мг/100 см ³	75	60	[*]		состояние поверхности раздела	1
	6	6	4		состояние разделенных фаз	1
	Отсутствие	Отсутствие			Удельная электрическая проводимость, пСм:	50
					при температуре заправки, не менее	600
					при 20 °С, не более	

* В настоящее время на стадии оформления находится ГОСТ «Топлива термостабилизированные Т-6 и Т-8В для реактивных двигателей», который предусматривает объединение существующих стандартов на эти топлива и изменения отдельных показателей качества.

Примечания.

- Для топлива Т-6 по ГОСТ 12308—80 после длительного (более 3 лет) хранения допускается отклонение от норм: кислотность — на 0,1 мг КОН/100 см³; содержание фактических смол — на 2 мг/100 см³; содержание ирстворимого осадка при определении термической стабильности в статических условиях — не более 2 мг/100 см³.
- Для топлива Т-6 по ТУ 38 101629—82 содержание присадок контролируют на месте производства по массе присадок, введенной в каждую партию топлива; содержание нафталиновых углеводородов, термическую стабильность и динамическую стабильность в любометрическом числе определяют периодически заводом-изготовителем, но не реже 1 раза в 3 мес.
- Для топлива Т-8В: содержание присадок яе определяют, оно гарантируется заводом-изготовителем я указывается в паспорте; показать «Взаимодействие с водой» не является браковочным (на срок действия технических условий), определение обязательно. Показать «Термическая стабильность динамическим методом» определяется изготовителем периодически не реже 1 раза в 3 мес; показывать «Термическая стабильность в статических условиях» — содержание осадка я течение 5 ч и содержание растворимых смол определяются изготовителем не реже 1 раза в 3 мес в партиях топлива, для которых определяется термическая стабильность динамическим методом; по требованию потребителя вырабатывают топлива с $t_{д.кр} \leq -55$ °С для обеспечения эксплуатации авиационной техники я климатической зоне I₁ (по ГОСТ 16350—70); показатель «Удельная электрическая проводимость» нормируется для топлива с антистатической присадкой «Сигбол».

степени сжатия (до 18 в быстроходных дизелях), вследствие чего удельный расход топлива в них на 25—30% ниже, чем в карбюраторных двигателях. В то же время дизели отличаются большей сложностью в изготовлении, большими габаритами, меньшей мощностью. Исходя из более экономичной и надежной работы, дизели успешно конкурируют с карбюраторными двигателями.

Основные требования, предъявляемые потребителями к дизельному топливу, следующие:

цетановое число, определяющее высокие мощностные и экономические показатели работы двигателя;

фракционный состав, определяющий полноту сгорания, дымность и токсичность отработанных газов двигателя;

вязкость и плотность, обеспечивающие нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования;

низкотемпературные свойства, определяющие функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды;

степень чистоты, характеризующая надежность и долговечность работы системы фильтрования топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы двигателя;

температура вспышки, определяющая условия безопасности применения топлива на дизелях;

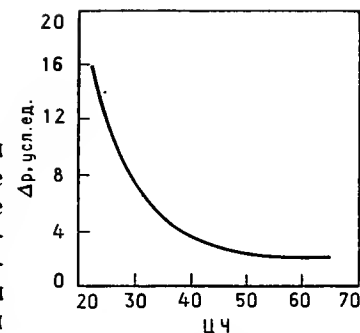
наличие сернистых соединений, непредельных углеводородов и металлов, характеризующие нагарообразование, коррозию и износы.

Свойства

Цетановое число — основной показатель воспламеняемости дизельного топлива. Оно определяет запуск двигателя, жесткость рабочего процесса (скорость нарастания давления), расход топлива и дымность отработанных газов. Чем выше цетановое число топлива, тем ниже скорость нарастания давления (рис. 20) и тем менее жестко работает двигатель. Однако с повышением цетанового числа топлива сверх оптимального, обеспечивающего работу двигателя с допустимой жесткостью (менее 0,5 МПа/°ПК), ухудшается его экономичность в среднем на 0,2—0,3% и дымность отработанных газов на единицу цетанового числа повышается на 1—1,5 единицу Хартриджа.

Цетановое число топлив зависит от их углеводородного состава. Наиболее высокими цетановыми числами обладают нормальные парафиновые углеводороды, причем с повышением их молекулярной массы оно повышается, а по мере разветвления — снижается. Самые низкие цетановые числа у ароматических углеводородов, не имеющих боковых цепей; ароматические

Рис. 20. Зависимость скорости нарастания давления в цилиндре двигателя Δp от цетанового числа дизельного топлива ЦЧ



углеводороды с боковыми цепями имеют более высокие цетановые числа и тем больше, чем длиннее боковая парафиновая цепь. Непредельные углеводороды характеризуются более низкими цетановыми числами, чем соответствующие им по строению парафиновые углеводороды. Нафтеновые углеводороды обладают невысокими цетановыми числами, но лучшими, чем ароматические углеводороды. Чем выше температура кипения топлива, тем выше цетановое число, и эта зависимость носит почти линейный характер; лишь для отдельных фракций цетановое число может снижаться, что объясняется их углеводородным составом.

Цетановые числа дизельных топлив различных марок, вырабатываемых отечественной промышленностью, характеризуются следующими значениями:

Марка дизельного топлива	Л	З (—35 °С)	З (—45 °С)	А
Цетановое число	47—51	45—49	40—42	38—40

Оптимальным цетановым числом дизельных топлив является 40—50. Применение топлив с цетановым числом <40 приводит к жесткой работе двигателя, а >50 — к увеличению удельного расхода топлива за счет уменьшения полноты сгорания. Летом можно успешно применять топлива с цетановым числом, равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска двигателя требуется цетановое число ≥ 45 . В то же время топлива с температурой застывания ниже —45 °С характеризуются цетановым числом ≈ 40 . Хорошие низкотемпературные свойства достигаются несколькими способами: за счет существенного облегчения фракционного состава (температура конца кипения 300—320 °С вместо 360 °С), проведения депарафинизации топлива (извлечения *n*-парафиновых углеводородов), переработкой нафтенно-ароматических нефтей с малым содержанием *n*-парафиновых углеводородов, при этом во всех случаях снижается цетановое число.

Известны присадки для повышения цетанового числа дизельных топлив — изопропил- или циклогексилнитраты. Они допущены к применению, но их вводят (в частности, изопропилнитрат) в крайне ограниченных количествах для повышения цетанового числа с 38 до 40, так как при этом понижается температура вспышки и повышается коксуемость топлива.

Установление оптимальных цетановых чисел имеет большое практическое значение, поскольку с углублением переработки нефти в состав дизельного топлива будут вовлекаться легкие газойли каталитического крекинга, коксования и фракции, обладающие относительно низкими цетановыми числами. Бензиновые фракции также имеют низкие цетановые числа, и добавление их в дизельное топливо всегда заметно снижает цетановое число последнего.

Цетановое число определяют по ГОСТ 3122—67, сравнивая воспламеняемость испытуемого топлива с эталонным (смеси цетана с α -метилнафталином в разных соотношениях). Имеется множество расчетных формул для определения цетанового числа топлив (ЦЧ), например по их плотности d_4^{20} и кинематической вязкости ν_{20}

$$\text{ЦЧ} = (\nu_{20} + 17,8) 1,5879 / d_4^{20},$$

или исходя из углеводородного состава

$$\text{ЦЧ} = 0,85C_{\text{П}} + 0,1C_{\text{Н}} - 0,2C_{\text{А}},$$

где $C_{\text{П}}$, $C_{\text{Н}}$, $C_{\text{А}}$ — содержание парафиновых, наftenовых и ароматических углеводородов соответственно.

По этим формулам можно лишь приблизительно рассчитать цетановое число. Они не пригодны для топлив с присадками, которые повышают цетановое число, а также для топлив, в состав которых входят бензиновые фракции.

За рубежом для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют дизельный индекс. Этот показатель нормируется и в отечественной технической документации на дизельное топливо, поставляемое на экспорт, — ТУ 38 001162—85. Дизельный индекс (ДИ) вычисляют по формуле:

$$\text{ДИ} = t_{\text{ан}} \rho / 100,$$

где $t_{\text{ан}}$ — анлиновая точка (определяют по ГОСТ 12829—77 в °C и пересчитывают в °F: $^{\circ}\text{F} = 9,5^{\circ}\text{C} + 32$); ρ — плотность, градусы АПИ.

Между дизельным индексом и цетановым числом топлива существует такая зависимость:

Дизельный индекс	20	30	40	50	62	70	80
Цетановое число	30	35	40	45	55	60	80

В табл. 1.12 приведены цетановое число и дизельный индекс различных образцов дизельного топлива, выработанных отечественной промышленностью.

Фракционный состав. Характер процесса горения в двигателе определяется двумя основными показателями — фракционным составом и цетановым числом. На сгорание топлива более легкого фракционного состава расходуется меньше воз-

Таблица 1.12. Средние значения цетанового числа и дизельного индекса товарных дизельных топлив

Номер образца	Цетановое число		Дизельный индекс, экспортное	Номер образца	Цетановое число		Дизельный индекс, экспортное
	летнее	зимнее			летнее	зимнее	
1	48	45	59,0	7	46,5	43	56,4
2	48	46	59,5	8	54	54	61,3
3	47,2	—	54,6	9	50	—	55,4
4	46	47	56,3	10	49	—	54,8
5	52	—	57,0	11	47	45	56,1
6	51	—	54,8				

духа, при этом за счет уменьшения времени, необходимого для образования топливовоздушной смеси, более полно протекают процессы смесеобразования (рис. 21).

Облегчение фракционного состава топлива, например при добавке к нему бензиновых фракций, может привести к повышению жесткости работы двигателя, определяемой скоростью нарастания давления на 1° поворота коленчатого вала (°ПКВ) (рис. 22). Это объясняется тем, что к моменту самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя накапливается большое количество паров топлива, и горение сопровождается чрезмерным повышением давления и стуками в двигателе.

Влияние фракционного состава топлива для различных типов двигателей неодинаково. Двигатели с предкамерным и вихрекамерным смесеобразованием вследствие наличия разогретых до высокой температуры стенок предкамеры и более благоприятных условий сгорания менее чувствительны к фракционному составу топлива, чем двигатели с непосредственным впрыском.

Время прокручивания двигателя при запуске его на топливе со средней температурой кипения 200—225 °C в девять раз меньше, чем на топливе со средней температурой кипения, равной 285 °C (рис. 23).

Вязкость и плотность определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле. Более низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива; с повышением указанных показателей качества увеличивается диаметр капель (рис. 24) и уменьшается полное их сгорание, в результате увеличивается удельный расход топлива, растет дымность отработанных газов. Вязкость топлива влияет на наполнение насоса и на утечку топлива через зазоры плунжерных пар. С увеличением вязкости топлива возрастает сопротивление топливной системы, уменьшается наполнение насоса, что может привести к перебоям в его работе. При уменьшении вязкости дизельного

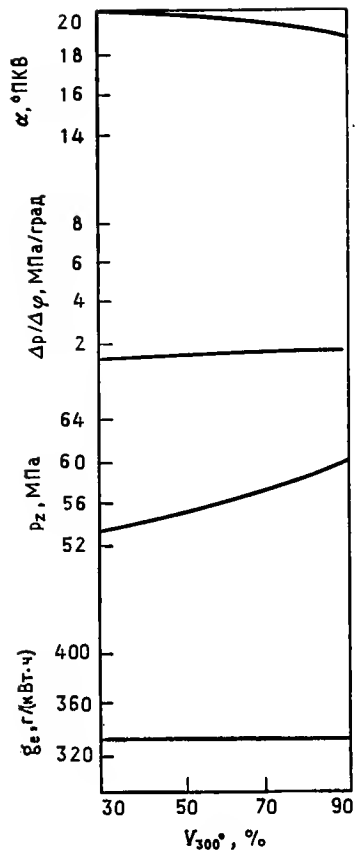


Рис. 21. Зависимость показателей, характеризующих процесс сгорания, от фракционного состава:
 g_e — удельный расход; p_z — максимальное давление сгорания; $\Delta p/\Delta \varphi$ — жесткость работы; α — период задержки самовоспламенения двухтактного двигателя с неразделенной камерой сгорания; V_{300° — объем, выкипающий до 300°C

топлива количество его, просачивающееся между плунжером и втулкой, возрастает по сравнению с работой на более вязком топливе, в результате снижается производительность насоса (рис. 25). От вязкости зависит износ плунжерных пар. Нижний предел вязкости топлива, при котором обеспечивается высокая смазывающая способность дизельного топлива, зависит от конструктивных особенностей топливной аппаратуры и условий ее эксплуатации. Вязкость топлива в пределах $1,8\text{--}7,0\text{ мм}^2/\text{с}$ практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных дизелей.

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Летнее дизельное топливо, получаемое из западносибирской нефти, в котором преобладают парафино-нафтенные углеводороды, имеет вязкость при 20°C $3,5\text{--}4,0\text{ мм}^2/\text{с}$; такое же по фракционному составу топливо из сахалинских нефтей, в котором преобладают нафтенно-ароматические углеводороды, — $5,5\text{--}6,0\text{ мм}^2/\text{с}$. Стандартом на дизельное топливо вязкость нормируется в достаточно широких пределах, что обусловлено различием углеводородного состава перерабатываемых нефтей. Попытки ограничить вязкость топлива в узких пределах приведут к сокращению ресурсов его производства, так как потребуют снижения конца кипения топлива.

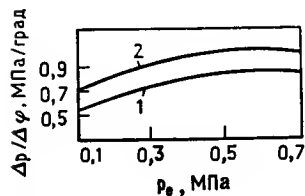


Рис. 22. Зависимость жесткости работы $\Delta p/\Delta \varphi$ двигателя Д-240 ($n=2100\text{ мин}^{-1}$) от нагрузки P_e при работе на дизельном топливе:
 1 — стандартно; 2 — с содержанием 37% бензиновых фракций $60\text{--}160^\circ\text{C}$

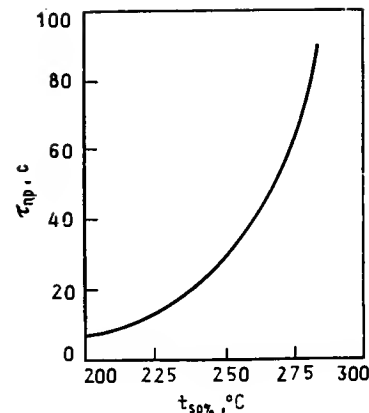


Рис. 23. Зависимость времени прокручивания двигателя при пуске $\tau_{пр}$ от температуры выкипания 50% (об.) топлива $t_{50\%}$

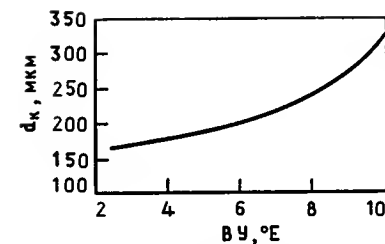


Рис. 24. Зависимость тонкости распыла топлива (среднего диаметра каплей d_k) от его условной вязкости ВУ

На процессы испарения и смесеобразования оказывают влияние также поверхностное натяжение и давление насыщенных паров, которые зависят от углеводородного и фракционного состава топлива. С утяжелением фракционного состава поверхностное натяжение увеличивается. Для летних дизельных топлив оно составляет $0,030\text{--}0,032\text{ Н/м}$ при 20°C , а при других температурах может быть рассчитано по формуле:

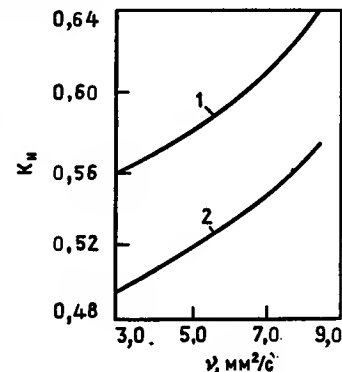
$$\sigma_t = \sigma_0 - K(t - t_0),$$

где σ_t и σ_0 — поверхностное натяжение, рассчитываемое и найденное экспериментально, соответственно; t и t_0 — температуры, при которых поверхностное натяжение рассчитывается и найдено экспериментально; K — постоянная, равная 0,10.

Давление насыщенных паров дизельных топлив невелико и, как правило, не превышает $0,665\text{ кПа}$ при $37,8^\circ\text{C}$.

Низкотемпературные свойства характеризуются такими показателями, как температура застывания $t_{заст}$ и помутнения t_n , предельная температура фильтруемости $t_{пр.ф}$; $t_{заст}$ определяет условия складского хранения топлива, t_n и $t_{пр.ф}$ —

Рис. 25. Зависимость коэффициента подачи насоса K_n от кинематической вязкости топлива ν :
 1 — $n=1000\text{ об/мин}$; 2 — $n=400\text{ об/мин}$



условия применения топлива, хотя в практике известны случаи использования топлив при температурах, приближающихся к $t_{заст}$. Для большинства дизельных топлив разница между t_n и $t_{заст}$ составляет 5—7 °С.

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние дизельные топлива получают в основном (88%) облегчением фракционного состава с 360 до 320 °С для топлива с $t_{заст} = -35$ °С и до 280—300 °С для топлива с $t_{заст} = -45$ °С.

Ресурсы дизельного топлива тесно связаны с его фракционным составом. Для получения дизельного топлива с $t_{заст} = -35$ °С и $t_n = -25$ °С требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до 320 °С, а для топлива с $t_{заст} = -45$ °С и $t_n = -35$ °С — до 280 °С, что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти с 42,0 до 30,5 и 22,4% соответственно (табл. 1.13).

Сократить потери при производстве зимнего дизельного топлива можно введением в топливо депрессорных присадок (в сотых долях процента). Депрессорные присадки, достаточно эффективно понижая $t_{заст}$, практически не влияют на t_n топлива, что в значительной мере ограничивает температуру его применения.

Таблица 1.13. Характеристики дизельных топлив с различными низкотемпературными свойствами*

Показатель	Фракции, °С						
	160—280	160—320	160—350	160—370	160—390	180—350	180—370
Выход на нефть, % (масс.)	22,4	30,5	35,9	39,2	42,0	32,2	35,5
Фракционный состав, °С:							
н. к.	188	190	192	194	197	210	211
10% (об.)	198	201	203	205	211	228	227
50% (об.)	226	245	258	265	274	272	275
90% (об.)	260	295	320	336	354	327	340
96% (об.)	267	305	330	346	358	337	345
98% (об.)	273	306	332	347	362	338	347
Плотность при 20 °С, кг/м³	823	832	837	841	844	842	846
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	2,47	3,02	3,77	4,31	4,73	4,35	5,06
Температура, °С:							
застывания	-47	-35	-30	-19	-13	-22	-14
помутнения	-38	-28	-17	-11	-6	-13	-50
Топливо	З(-45°С)	З(-35°С)	Л	Л	Л	Л	Л

* Данные получены при разгонке на АРН нефти трубопровода «Дружба».

Таблица 1.14. Влияние керосина и бензина на низкотемпературные свойства летнего дизельного топлива

Температура, °С	Дизельное топливо летнее	Топливо ТС-1, %				Бензин А-76, %			
		10	20	30	80	10	20	30	80
Застывания	-12	-15	-20	-20	-44	-15	-19	-22	-49
Помутнения	-5	-5	-7	-10	-21	-6	-7	-9	-25
Фильтруемость предельной	-6	-6	-7	-9	-25	-6	-10	-13	-26

В связи с этим низкотемпературные свойства дизельных топлив с депрессором спецификациями всех стран оценивают по t_n и $t_{пр.ф}$ в отличие от топлив без депрессора, низкотемпературные свойства которых по ГОСТ 305—82 регламентируют по $t_{заст}$ и t_n . Разность между t_n и $t_{пр.ф}$ не должна превышать 10 °С. При снижении температуры топлива ниже его предельной фильтруемости или в случае, когда $t_n - t_{пр.ф} > 10$ °С, в топливе накапливается такое количество кристаллов парафинов, что они не могут находиться длительное время во взвешенном состоянии. Значительная часть их оседает на дно емкости, что затрудняет использование такого топлива.

Нередки случаи, когда для снижения температуры застывания на местах применения используют смеси летних сортов дизельных топлив с реактивным топливом или бензином. При разбавлении дизельных топлив более низкокипящими компонентами $t_{заст}$ и t_n смесей всегда отклоняются в сторону высокозастывающего дизельного топлива, вследствие чего приходится использовать значительное (до 80%) количество разбавителя (табл. 1.14), что, в свою очередь, отразится на повышении износа двигателей и снижении цетанового числа.

Степень чистоты дизельных топлив. Этот показатель определяет эффективность работы двигателя, особенно его топливной аппаратуры. Для плунжеров и гильз топливных насосов зазоры составляют 1,5—4,0 мкм. Частицы загрязнений, размер которых $> 4,0$ мкм, вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры, что предопределяет и соответствующие требования к очистке топлива.

Чистоту топлива оценивают коэффициентом фильтруемости (по ГОСТ 19006—73), который представляет собой отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги БФДТ при атмосферном давлении десятой порции фильтруемого топлива к первой. На фильтруемость топлив влияет наличие воды, механических примесей, смолистых веществ, мыл нафтенных кислот. В товарных дизельных топливах содержится в основном растворенная вода от 0,002 до 0,008% (гидрид-кальциевый ме-

тод определения), которая не влияет на коэффициент фильтруемости. Нерастворенная в топливе вода — 0,01% и более — приводит к повышению коэффициента фильтруемости. Однако влияние этого фактора неоднозначно. Присутствие в топливе поверхностно-активных веществ — мыл нафтеновых кислот, смолистых и сероорганических соединений — усугубляет отрицательное влияние эмульсионной воды на фильтруемость топлив. Достаточно (15—20) 10^{-4} % мыл нафтеновых кислот, образующихся при зашлачивании топлив, чтобы коэффициент фильтруемости повысился с 2 до 4—5.

Содержание механических примесей в товарных дизельных топливах, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями, составляет 0,002—0,004% (отсутствие по ГОСТ 6370—59). Это количество не отражается на коэффициенте фильтруемости при исключении других отрицательных факторов. Коэффициент фильтруемости дизельных топлив, отправляемых с предприятий, находится в пределах 1,5—2,5.

Температура вспышки определяет пожароопасность топлива. Согласно ГОСТ 305—82, предусматривается выпуск топлива с температурой вспышки не ниже 40°C — для дизелей общего назначения и не ниже 62°C — для тепловозных и судовых дизелей. Температура вспышки является функцией содержащихся в топливе низкокипящих фракций (рис. 26). Поднять температуру вспышки дизельного топлива можно, повысив температуру начала кипения, а следовательно, снизив отбор топлива от нефти.

На рис. 27 приведена зависимость снижения потенциального выхода дизельного топлива [в % (масс.)] на нефть при повышении температуры вспышки на 1°C от выхода фракции 150—350°C: для дизельного топлива, выход которого составляет

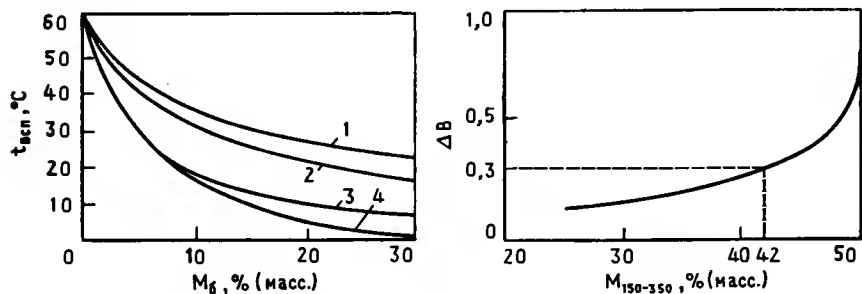


Рис. 26. Зависимость температуры вспышки дизельного топлива $t_{всп}$ от содержания бензиновых фракций M_6 :

1 — фракции 105—180°C; 2 — 80—120°C; 3 — 62—180°C; 4 — 62—105°C

Рис. 27. Изменение выхода дизельного топлива ΔB при повышении температуры вспышки на 1°C ΔB от содержания нефти фракции 150—350°C $M_{150-350}$

Рис. 28. Зависимость износа двигателя I_d по железу в масле от длительности испытаний τ при содержании серы в топливе:

1 — 0,01%; 2 — 0,3%; 3 — 0,7%; 4 — 1,3%

42% на нефть, повышение температуры вспышки на 1°C снижает его отбор на 0,3% на нефть, или 1,2% на топливо.

Сернистые соединения, непредельные углеводороды и металлы. Все эти соединения влияют на нагарообразование в дизелях, они являются причиной повышенной коррозии и износов. При сгорании топлив, содержащих непредельные углеводороды, вследствие окисления в цилиндре двигателя образуются смолистые вещества, а затем нагар. В результате этого падает мощность и повышается износ деталей двигателя. Например, масса нагара, образовавшегося на деталях двигателей после испытаний летнего дизельного топлива на двигателе ЯАЗ-204 в течение 500 ч, составила:

Коксующесть 10%-го остатка	0,02	0,08	0,09
Масса нагара, г:			
на гильзах	2,90	1,43	7,30
на поршнях и кольцах	24,48	21,91	42,01

Содержание непредельных углеводородов определяют по иодному числу и нормируют стандартом — ≤ 6 г $I_2/100$ г.

Соединения серы при сгорании образуют SO_2 и SO_3 (последний сильнее влияет на нагарообразование, износ и коррозию в двигателе, на изменение качества масла), что повышает точку росы водяного пара, усиливая этим процесс образования серной кислоты. Продукты взаимодействия кислоты с маслом — смолистые вещества, нагар — способствуют износу деталей двигателя. Влияние содержания серы в топливе на износ двигателя иллюстрируется зависимостями, представленными на рис. 28.

Причиной повышенной коррозии и износа является присутствие в топливе металлов. В табл. 1.15 приведены данные о содержании металлов в товарных дизельных топливах. Считают, что при содержании $V \geq 5 \cdot 10^{-4}$ % и $Na \geq 20 \cdot 10^{-4}$ % срок службы лопаток газовых турбин снижается в 2—3 раза.

Ассортимент, состав и качество дизельных топлив

Нефтеперерабатывающей промышленностью вырабатывается дизельное топливо по ГОСТ 305—82 трех марок (табл. 1.16): Л — летнее, применяемое при температурах окружающего воз-

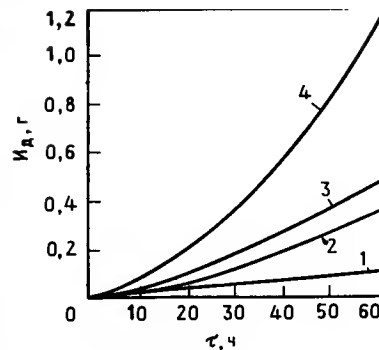


Таблица 1.15. Содержание металлов в дизельных топливах ($10^{-4}\%$), полученных на различных предприятиях

Номер образца	V	Ni	Fe	Cu	Pb	Ca	Al	Na	Mo
1	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	<0,3	0,15	<0,7	0,08	<0,3
2	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	0,2	0,1	<0,7	0,02	<0,3
3	<0,5	<0,3	0,55	0,07	0,2	0,17	<0,7	0,18	0,3
4	<0,5	<0,3	0,35	0,07	0,2	0,3	<0,7	0,15	<0,3
5	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	0,3	0,3	<0,7	0,12	<0,3
6	<0,5	<0,3	0,4	<0,07	0,3	<0,15	<0,7	<0,07	<0,3
7	<0,5	<0,3	0,4	0,06	0,2	0,12	<0,7	<0,07	<0,3
8	0,3	1,3	0,45	<0,07	0,3	0,1	<0,7	<0,07	<0,3
9	<0,5	<0,1	0,3	0,06	0,35	<0,15	<0,7	<0,07	<0,3
10	<0,5	<0,1	0,3	0,06	1,0	0,07	<0,7	0,2	<0,3
11	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,6	<0,1	—	0,05	<0,3

Таблица 1.16. Характеристика дизельного топлива

Показатель	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, °С, не выше:			
50% (об.)	280	280	255
96% (об.)	360	340	330
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	3,0—6,0	1,8—5,0	1,5—4,0
Температура, °С, не выше:			
застывания	—10	—35/—45*	—55
помутнения	—5	—25/—35*	—
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для тенловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	40	35
для дизелей общего назначения	40	35	30
Содержание меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	5	5	5
Иодное число, г I ₂ /100 г, не более	6	6	6
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10%-го остатка, %, не более	0,30	0,30	0,30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	860	840	830

* Числитель — для умеренной климатической зоны, знаменатель — для холодной.
Примечание. Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды — отсутствие.

духа 0 °С и выше; 3 — зимнее, применяемое при температурах до —20 °С (в этом случае зимнее дизельное топливо должно иметь $t_{\text{заст}} \leq -35$ °С и $t_{\text{п}} \leq -25$ °С), или зимнее, применяемое при температурах до —30 °С (тогда топливо должно иметь $t_{\text{заст}} = -45$ °С и $t_{\text{п}} = -35$ °С); марки А — арктическое, температура применения которого устанавливается до —50 °С. Содержание серы в дизельном топливе марок Л и 3 не превышает 0,5%, а марок А — 0,4%; для топлив высшей категории качества оно не должно превышать 0,2%. В летний период с 1 апреля по 1 сентября, а для южных зон — с 1 марта по 1 октября для удовлетворения потребности в дизельном топливе разрешается выработка и применение топлива с температурой застывания 0 °С без нормирования температуры помутнения. Установление менее жестких требований к низкотемпературным свойствам дизельного топлива в летний период позволяет увеличить ресурсы его производства на 1,5—2,0%, считая на нефть.

В соответствии с ГОСТ 305—82 принято следующее условное обозначение дизельного топлива: летнее топливо заказывают с учетом содержания серы и температуры вспышки (Л-0,5-40), зимнее — с учетом содержания серы и $t_{\text{заст}}$ (З-0,5-минус 35). В условное обозначение на арктическое дизельное топливо входит только содержание серы: А-0,2.

Дизельное топливо (ГОСТ 305—82) получают компаундированием прямогонных и гидроочищенных фракций в соотношениях, обеспечивающих требования стандарта по содержанию серы. В качестве сырья для гидроочистки нередко используют смесь среднестиллятных фракций прямой перегонки и вторичных процессов, чаще прямогонного дизельного топлива и легкого газойля каталитического крекинга. Содержание серы в прямогонных фракциях в зависимости от перерабатываемой нефти колеблется в пределах 0,8—1,0% (для сернистых нефтей), а содержание серы в гидроочищенном компоненте — от 0,08 до 0,12%.

Дизельное топливо утяжеленного фракционного состава (ТУ 38 001355—86). Для применения в летний период вырабатывают дизельное топливо утяжеленного фракционного состава (табл. 1.17). Отличие его от стандартного дизельного топлива: более высокая (на 20—30 °С) температура конца кипения — до 360 °С перегоняется 90% (об.), вместо 96% (об.). Вследствие этого температура выкипания 50% (об.) его на 10 °С выше. По фракционному составу и основным физико-химическим показателям это топливо приближается к топливам, вырабатываемым за рубежом. Технология производства дизельного топлива утяжеленного фракционного состава аналогична технологии получения топлива по ГОСТ 305—82.

Дизельное топливо экспортное (ТУ 38 001162—85) — вырабатывают для поставок на экспорт с содержанием серы до

Таблица 1.17. Характеристика дизельного топлива утяжеленного фракционного состава

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Цетановое число	≥ 45	Содержание серы, %: в топливе вида I	$\leq 0,2$
Фракционный состав: 50% (об.) перегоняется при температуре, °C	≤ 290	в топливе вида II	$\leq 0,5$
до 360 °C перегоняется, %	≥ 90	Содержание меркаптановой серы, %	$\leq 0,01$
Вязкость кинематическая при 20 °C, мм ² /с	3,0—6,5	Испытание на медной пластинке	Выдерживает ≤ 5
Температура, °C: застывания	≤ 0	Кислотность, г КОН/100 см ³	≤ 6
помутнения	≤ 5	Иодное число, г I ₂ /100 г	$\leq 0,01$
Температура вспышки в закрытом тигле, °C: для дизелей общего назначения	≥ 40	Зольность, %	$\leq 0,3$
для тепловозных и судовых дизелей	≥ 61	Коксуемость 10%-го остатка, %	≤ 3
		Коэффициент фильтруемости	≤ 860
		Плотность при 20 °C, кг/м ³	≤ 2
		Цвет, ед. ЦНТ	

Примечание. Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей; механических примесей, воды — отсутствие.

0,2% (табл. 1.18). Исходя из жестких требований к содержанию серы, дизельное топливо экспортное получают гидроочисткой прямогонных дизельных фракций. Для оценки его качества, по требованию заказчиков, определяют дизельный индекс (а не цетановое число, как принято ГОСТ 305—82). Кроме того, взамен определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10 °C.

Перспективные дизельные топлива

Оснащение народного хозяйства моторной техникой привело к росту потребности в дизельном топливе:

	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.
Выпуск, %	100	126	158	175	205	230

Нефтеперерабатывающая промышленность будет развиваться при опережающих темпах роста выработки светлых нефтепродуктов по отношению к объему переработки нефти, т. е. возникает диспропорция между приростом добычи нефти и увеличением потребности в моторных топливах.

Потребность в дизельном топливе может быть обеспечена углублением переработки нефти, оптимизацией качества дизельных топлив и вовлечением в качестве компонентов или применением в чистом виде продуктов ненефтяного происхождения. Углубление переработки нефти позволяет за счет использования вторичных процессов получать светлые продукты из остаточного сырья. При этом мазут подвергается вакуумной перегонке, вакуумный газойль направляется на каталитический крекинг, гидрокрекинг. Остаток от вакуумной перегонки является сырьем термического крекинга, замедленного коксования, термоконтактного крекинга и висбрекинга. Продукты вторичных процессов существенно отличаются от прямогонных по химическому составу и характеризуются повышенным содержанием ароматических и непредельных углеводородов, в связи с чем использование их в качестве компонентов дизельных топлив требует дополнительного облагораживания. Исключение составляют продукты гидрокрекинга, не уступающие по качеству гидроочищенным дизельным топливам. С углублением переработки нефти доля вторичных продуктов в составе дизельного топлива возрастет до 40—50%, в то время как сегодня она составляет 5% и лишь на отдельных заводах 15%.

Оптимизация качества является не столь радикальным, как глубокая переработка, но достаточно эффективным способом.

Таблица 1.18. Характеристика экспортного дизельного топлива

[*] — показатель не нормируется. Определение обязательно.

Показатель	ДЛЭ	ДЗЭ
Дизельный индекс, не менее	58	53
Фракционный состав, °C:		
50% (об.), не выше	280	280
90% (об.), не выше	340	330
96% (об.), не выше	360	360
Вязкость кинематическая при 20 °C, мм ² /с	3,0—6,0	2,7—6,0
Температура, °C, не выше:		
застывания	—10	—35
фильтруемости	—5	[*]
Температура вспышки в закрытом тигле, °C, не ниже	65	60
Содержание серы, %, не более	0,2	0,2
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	3,0	3,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Коксуемость 10%-го остатка, %, не более	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0
Содержание механических примесей	Отсутствие	
Прозрачность при 10 °C	Прозрачно	
Плотность при 20 °C, кг/м ³ , не более	845	845

Таблица 1.19. Основные требования к качеству перспективных дизельных топлив

Показатель	ГОСТ 305—82, марка Л	Стадии оптимизации качества		
		I	II	III
Фракционный состав:				
10% (об.), °С, не ниже	—	—	—	100
50% (об.), °С, не выше	280	290	300	—
до 360 °С перегоняется, %, не менее	96	90	90	90
Цетановое число, не менее	45	45	40	40
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	3,0—6,0	3,0—6,5	3,0—8,0	2,0—6,0
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:				
для дизелей общего назначения	40	40	40	20
для тепловых и судовых дизелей	62	62	62	—
Температура застывания, °С, не выше:				
с I.IV по I.IX	0	0	0	0
с I.IX по I.IV	—10	—5	—5	—10

увеличения ресурсов топлив. Значительное увеличение выхода дизельных топлив от перерабатываемой нефти может быть обеспечено оптимизацией их фракционного состава. Изменение выкипаемости фракций летнего дизельного топлива до 360 °С с 96 до 90% (об.), т. е. некоторое утяжеление фракционного состава, позволит повысить их отбор на 2—3%, следовательно, увеличит ресурсы на 6—8%, считая на топливо. Не исключено, что при использовании дизельных топлив утяжеленного фракционного состава может наблюдаться некоторое увеличение их расхода. В связи с этим перед химмотологами и двигателестроителями стоит задача совершенствования двигателей с целью повышения полноты сгорания топлива с большей вязкостью и с более высокой, по сравнению со стандартным топливом марки Л, температурой конца кипения.

Расширение фракционного состава дизельных топлив возможно не только за счет повышения температуры конца их кипения, но и вовлечения в их состав бензиновых фракций. Такая возможность появится при дальнейшей дизелизации автомобильного парка и уменьшении прироста потребления автомобильного бензина.

При этом такие показатели дизельных топлив, как вязкость и фракционный состав, в зависимости от отбора керосина могут изменяться в довольно широких пределах. Оптимизация качества наиболее массового летнего дизельного топлива будет осуществляться поэтапно (табл. 1.19).

Наряду с фракционным составом предполагается оптимизировать воспламеняемость дизельных топлив, так как газойлевые фракции вторичных процессов, доля которых в составе топлива возрастает, имеют низкие цетановые числа (25—30). Исследования последних лет показали, что цетановое число 40 для летних дизельных топлив вполне отвечает требованиям многих существующих двигателей и полностью обеспечивает их мягкую работу на всех режимах.

В последнее время уделяют внимание использованию продуктов ненефтяного происхождения как компонентов дизельных топлив, в частности спиртов. Однако почти все исследователи отмечают недостатки метанола и этанола: гигроскопичность и возможность расслаивания с дизельным топливом, низкое цетановое число, пониженную температуру вспышки, растворяющее действие их на резиновые технические изделия. Кроме того, спирты вызывают коррозию цветных металлов. Применение спиртов в дизелях в чистом виде потребует конструктивных изменений двигателя, обусловленных недостаточной воспламеняемостью спиртов. Смеси дизельного топлива с этанолом или метанолом менее стабильны, чем аналогичные смеси их с бензинами, и применение таких смесей требует дорогостоящих стабилизаторов. Все это вряд ли позволит широко применять спирты в составе дизельных топлив в ближайшей перспективе.

При оценке возможных масштабов топлив из альтернативных видов сырья следует учитывать ресурсы сырья, степень разработки процессов производства, транспортирования и хранения, а также технико-экономические показатели по их применению и производству.

КОТЕЛЬНЫЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МОТОРНЫЕ, ГАЗОТУРБИННЫЕ И ПЕЧНОЕ ТОПЛИВА

Котельные топлива применяют в стационарных паровых котлах, в промышленных печах. Тяжелые моторные топлива используют в судовых энергетических установках. К котельным топливам относят топочные мазуты марок 40 и 100, вырабатываемые по ГОСТ 10585—75, к тяжелым моторным топливам — флотские мазуты Ф-5 и Ф-12 по ГОСТ 10585—75, моторные топлива ДТ и ДМ — по ГОСТ 1667—68.

В общем балансе перечисленных топлив основное место занимают мазуты нефтяного происхождения. Жидкие котельные топлива из сланцев, получаемые на установках полукоксования горючих сланцев и угля, — продукты коксохимической промышленности — составляют лишь небольшую долю общего объема применяемого топлива.

Топливо нефтяное для газотурбинных установок предназначено для применения в стационарных паротурбинных и паро-

газовых энергетических установках, а также в газотурбинных установках водного транспорта. Газовые турбины являются относительно новым видом теплового двигателя. Благодаря своим специфическим свойствам, таким как сравнительно малая масса на единицу мощности, способность к быстрому запуску и работе без охлаждающей жидкости, возможность полной автоматизации и дистанционного управления, газовые турбины получили широкое применение в авиации, а затем в различных отраслях промышленности и транспорта. Их используют также для покрытия пиков нагрузки на электрических станциях. Общей тенденцией газотурбостроения в настоящее время является увеличение к.п.д. и мощности установок за счет повышения температуры газов перед турбиной. Это и определяет требования к качеству топлива.

Печное бытовое топливо предназначено для сжигания его в отопительных установках небольшой мощности, расположенных непосредственно в жилых помещениях, а также в теплогенераторах средней мощности, используемых в сельском хозяйстве для приготовления кормов, сушки зерна, фруктов, консервирования и других целей.

Котельные и тяжелые моторные топлива

Требования, предъявляемые к качеству котельных и тяжелых моторных топлив и устанавливающие условия их применения, определяются такими показателями качества, как вязкость, содержание серы, теплота сгорания, температуры застывания и вспышки, содержание воды, механических примесей и зольность.

Свойства

Вязкость. Эта техническая характеристика является важнейшей для котельных и тяжелых моторных топлив. Она определяет методы и продолжительность сливно-наливных операций, условия перевозки и перекачки, гидравлические сопротивления при транспорте топлива по трубопроводам, эффективность работы форсунок. От вязкости в значительной мере зависят скорость осаждения механических примесей при хранении, а также способность топлива отстаиваться от воды.

При положительных температурах (50 и 80 °С) условную вязкость топлив определяют по ГОСТ 6258—85 с помощью вискозиметра ВУМ. В США для определения вязкости используют вискозиметр Сейболта универсальный (для маловязких мазутов) и Сейболта Фуrolа (для высоковязких мазутов), в Англии — вискозиметр Редвуда. Между всеми этими вязкостями существует определенная зависимость, представленная

Таблица 1.20. Таблица перевода вязкости в различных единицах

Кинематическая, мм ² /с	Условная, °ВУ	сек Сейболта (130 °F)	сек Редвуда (R) (140 °F)	Кинематическая, мм ² /с	Условная, °ВУ	сек Сейболта (130 °F)	сек Редвуда (R) (140 °F)
2	1,119	32,66	30,95	95	12,51	439,7	387,8
4	1,307	39,17	35,95	100	13,17	462,9	408,2
6	1,479	45,59	41,05	105	13,83	486,1	428,6
8	1,651	52,10	46,35	110	14,48	509,2	449,0
10	1,831	58,91	52,00	115	15,14	532,3	469,4
11	1,924	62,42	55,00	120	15,80	555,4	489,8
12	2,020	66,03	58,10	125	16,45	578,7	510,3
13	2,118	69,73	61,30	130	17,11	601,8	530,7
14	2,218	73,54	64,55	135	17,77	624,8	551,1
15	2,32	77,35	67,95	140	18,43	648,1	571,5
16	2,43	81,25	71,40	145	19,08	671,2	591,9
17	2,53	85,26	74,85	150	19,74	694,4	612,3
18	2,64	89,37	78,45	155	20,40	717,5	632,7
19	2,75	93,48	82,10	160	21,06	740,6	653,2
20	2,87	97,69	85,75	165	21,71	763,8	673,6
22	3,10	106,2	93,25	170	22,37	786,9	693,9
24	3,34	114,8	100,9	175	23,03	810,2	714,4
26	3,58	123,5	108,6	180	23,69	833,3	734,8
28	3,82	132,4	116,5	185	24,35	856,4	755,2
30	4,07	141,2	124,4	190	25,00	879,5	775,6
32	4,32	150,0	132,3	200	26,3	925,8	816,4
34	4,57	159,0	140,2	210	27,6	972,0	857,2
36	4,82	168,0	148,2	220	28,9	1018,4	898,0
38	5,08	177,0	156,2	230	30,3	1064,7	938,9
40	5,33	186,0	164,3	240	31,6	1111,0	979,7
42,5	5,66	197,4	174,4	250	32,9	1157,3	1020,5
45	5,98	208,8	184,5	260	34,2	1203,5	1061,4
47,5	6,30	220,3	194,6	270	35,5	1249,8	1102,2
50	6,62	231,8	204,7	280	36,8	1296,1	1143,0
52,5	6,95	243,4	214,8	290	38,2	1342,4	1183,8
55	7,28	254,9	225,0	300	39,4	1388,7	1224,6
57,5	7,60	266,4	235,2	320	42,1	1481,3	1306,2
60	7,93	277,9	245,3	340	44,7	1573,8	1387,9
65	8,58	301,0	265,7	360	47,4	1666,4	1469,6
70	9,23	324,0	286,0	380	50,0	1759,0	1551,2
75	9,89	347,1	306,1	400	52,6	1852	1633
80	10,54	370,3	326,6	450	59,2	2083	1837
85	11,20	393,4	347,0	500	65,8	2315	2041
90	11,86	416,6	367,4	1000	131,6	4629	4082

данными табл. 1.20. В ряде спецификаций указывают вязкость, найденную экспериментально и пересчитанную в кинематическую (мм²/с).

На практике часто используют вязкостно-температурные кривые (рис. 29, 30). С повышением температуры различие в вязкости топлив существенно уменьшается.

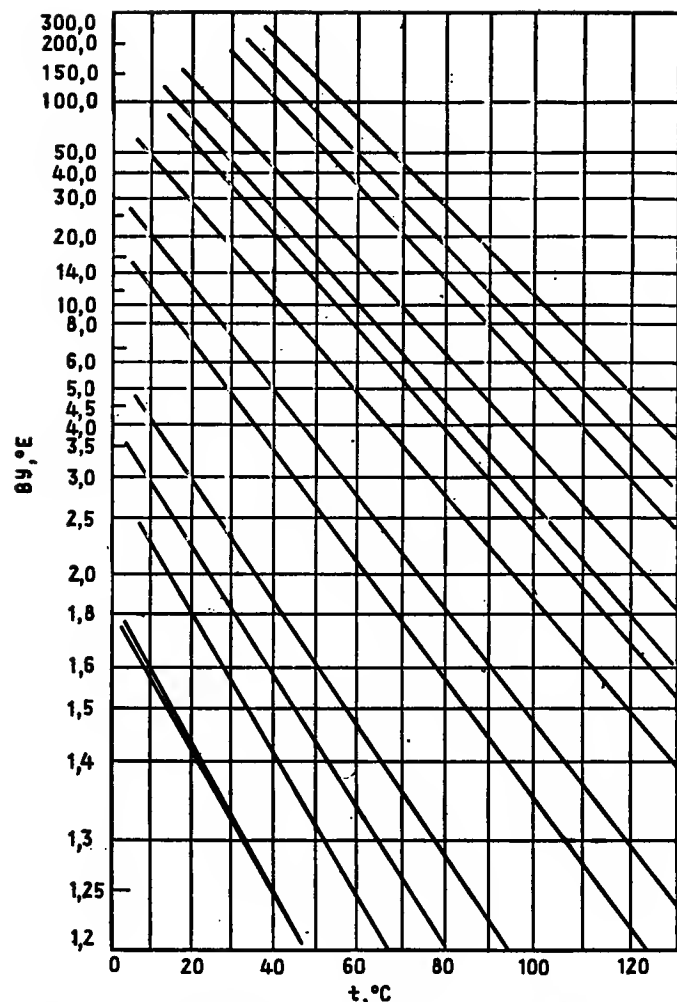


Рис. 29. Зависимость условной вязкости мазута ВУ от температуры t

Для мазутов, как и для всех темных нефтепродуктов, зависимость вязкости от температуры приближенно описывается уравнением Вальтера:

$$\lg \lg (v \cdot 10^{-6} + 0,8) = A - B \lg T,$$

где v — кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$, A и B — коэффициенты; T — абсолютная температура, К.

Вязкость не является аддитивным свойством топлива. При смешении различных котельных топлив вязкость смеси следует определять экспериментально. Ориентировочно вязкость таких

смесей можно определить по номограмме (рис. 31). Достаточно хорошие результаты дает расчет по формуле:

$$\lg \lg (v_{\text{см}} + 0,8) = x_1 \lg \lg (v_1 + 0,8) + x_2 \lg \lg (v_2 + 0,8),$$

где $v_1, v_2, v_{\text{см}}$ — вязкость кинематическая компонентов 1, 2 и смеси, $\text{мм}^2/\text{с}$; x_1, x_2 — содержание компонентов, %.

Котельные и тяжелые моторные топлива являются структурированными системами. Для их характеристики, особенно при выполнении сливно-наливных операций, помимо ньютоновской вязкости необходимо учитывать реологические свойства топлив. Вязкость при низких температурах определяют по ГОСТ 1929—87 с помощью ротационного вискозиметра «Реотест».

Принцип действия прибора «Реотест» основан на измерении сопротивления, которое оказывает испытуемый продукт вращающемуся внутреннему цилиндру. Это сопротивление зависит только от внутреннего трения жидкости и прямо пропорционально абсолютной вязкости. По мере того как скорость сдвига увеличивается, вязкость уменьшается. Когда вся структура полностью разрушена, вязкость становится постоянной. Эта вязкость называется динамической. Методика позволит определить как вязкость полностью разрушенной структуры мазута η , так и начальное напряжение σ_0 , являющееся мерой прочности структуры мазута, значение которого необходимо знать при расчете

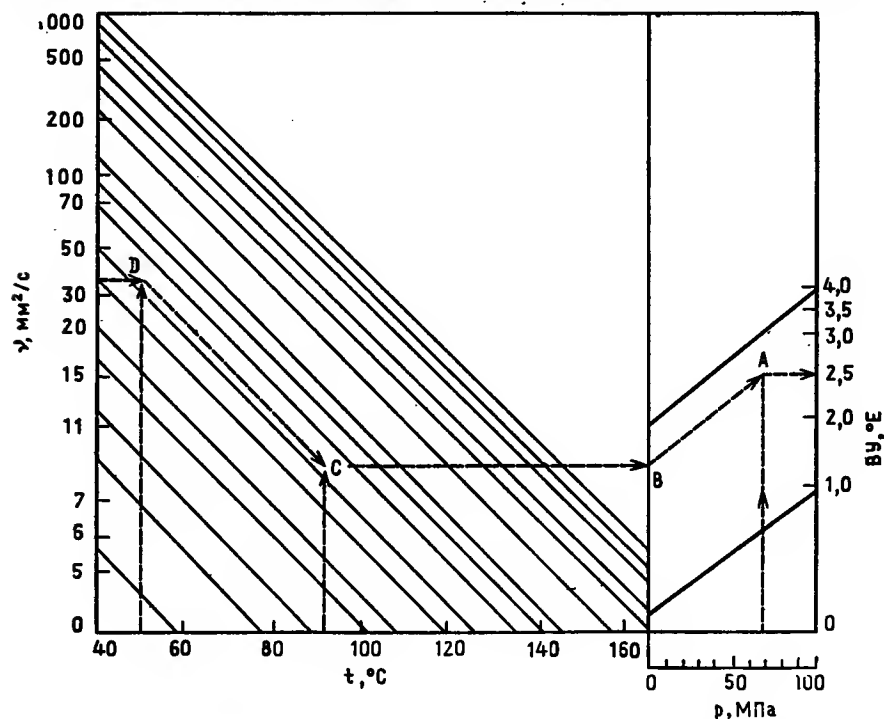


Рис. 30. Зависимость кинематической v и условной ВУ вязкости топлива от температуры t и давления p

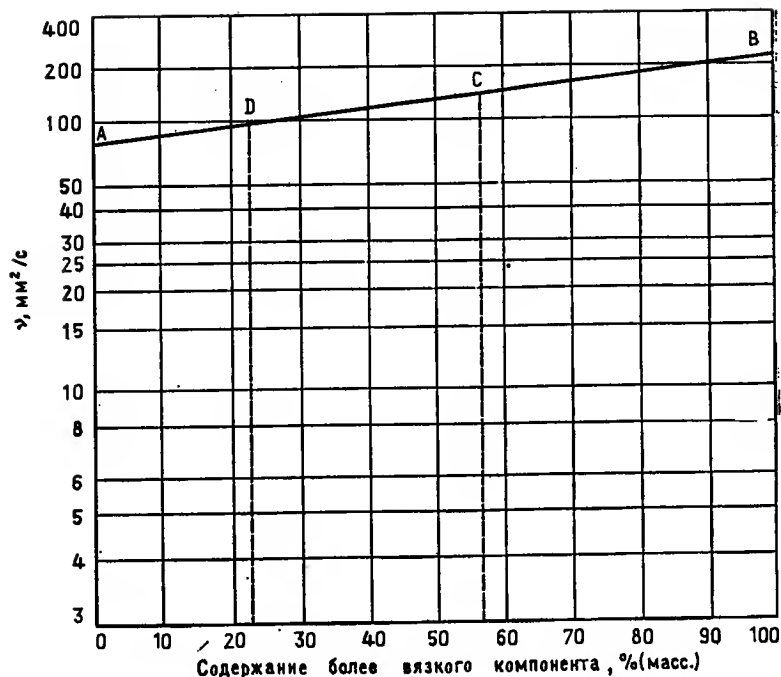


Рис. 31. Номограмма для определения кинематической вязкости ν топливных смесей

трубопроводов. На рис. 32 представлена типичная зависимость динамической вязкости мазута η и напряжения сдвига σ от скорости сдвига γ . Продолжение прямолинейного участка реологической кривой до пересечения с осью позволяет получить начальное усилие сдвига σ_0 . Пользуясь такими вискозиметрами, можно рассчитать перепад давления и объемную скорость потока для ламинарного и турбулентного режимов применительно к данному трубопроводу.

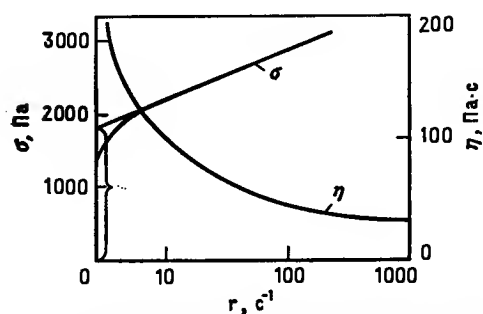


Рис. 32. Зависимость динамической вязкости η и напряжения сдвига σ от скорости сдвига γ (фигурная скобка — отрезок σ_0)

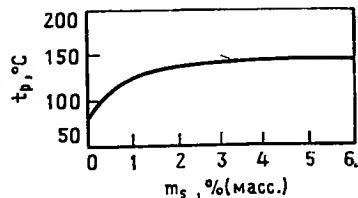


Рис. 33. Зависимость точки росы t_p от содержания серы m_s

Для всех остаточных топлив характерна аномалия вязкости: после термической обработки или соответствующего механического воздействия повторно определяемая вязкость при той же температуре оказывается ниже начальной. Объясняется это присутствием в котельных топливах высокомолекулярных парафиновых углеводородов и асфальтено-смолистых веществ: чем их больше в топливе, тем выше вязкость и начальное напряжение сдвига:

$$\lg \eta_{20} = 0,0227 C_{\text{п}} C_{\text{а+с}},$$

где $C_{\text{п}}$ — содержание парафиновых углеводородов, $C_{\text{а+с}}$ — содержание асфальтено-смолистых веществ.

Содержание серы. В остаточных топливах содержание серы зависит от типа перерабатываемой нефти (сернистой или высокосернистой) и технологии получения топлива. Сера в остаточных топливах находится в свободном состоянии или в связанном — меркаптановая сера, сероводород. Наиболее коррозионно-агрессивных соединений — меркаптановой серы — в остаточных топливах меньше, чем в среднестиллятных фракциях. Поэтому коррозионная активность сернистых мазутов ниже, чем сернистых светлых нефтепродуктов.

При сжигании сернистых топлив сера превращается в оксиды — SO_2 и SO_3 . Наличие в дымовых газах SO_3 повышает температуру начала конденсации влаги — точку росы. В связи с тем, что температура хвостовых поверхностей котлов (воздухоподогревателей, экономайзеров) равна точке росы дымовых газов, на этих поверхностях конденсируется серная кислота, которая и вызывает усиленную коррозию металла. На рис. 33 представлена зависимость точки росы от содержания серы.

Содержание серы в мазутах оказывает значительное влияние на экологическое состояние воздушного бассейна. В ряде ведущих капиталистических стран в последние годы приняты ограничения по содержанию серы в мазутах до уровня 0,5—1,0%.

Теплота сгорания. Это одна из важнейших характеристик топлива, от которой зависит его расход, особенно для топлив, применяемых в судовых энергетических установках, так как при заправке топливом с более высокой теплотой сгорания увеличивается дальность плавания. Теплота сгорания зависит от элементного состава топлива и определяется отношением H/C и зольностью. Различают высшую и низшую теплоту сгорания. При определении высшей теплоты сгорания учитывают, что часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива, расходуется на конденсацию паров воды, образовавшейся при сгорании водорода в топливе. При определении низшей теплоты сгорания тепло, затрачиваемое на образование воды, не учитывают. Стандарты на котельные топлива регламентируют теплоту сго-

рания низшую. Для котельных топлив она находится в пределах 39 900—41 580 Дж/кг при плотности 940—970 кг/м³, в то время, как для дизельных топлив плотностью 835—855 кг/м³ $Q_{н}=42\,000$ Дж/кг. Теплота сгорания высокосернистых топлив всегда ниже, чем сернистых или малосернистых. Зная соотношение углерода и водорода и плотность топлива, по номограмме (рис. 34) можно найти низшую теплоту сгорания топлив.

Температура застывания. Как и вязкость, температура застывания характеризует условия слива и перекачки топлива. Она зависит от двух основных факторов: качества перерабатываемой нефти и способа получения топлива. Для топочных мазутов марок 40 и 100 $t_{заст}$ находится в пределах 22—25 °С и практически постоянна при хранении топлив. Тяжелые моторные топлива, получаемые смешением остаточных и дистиллят-

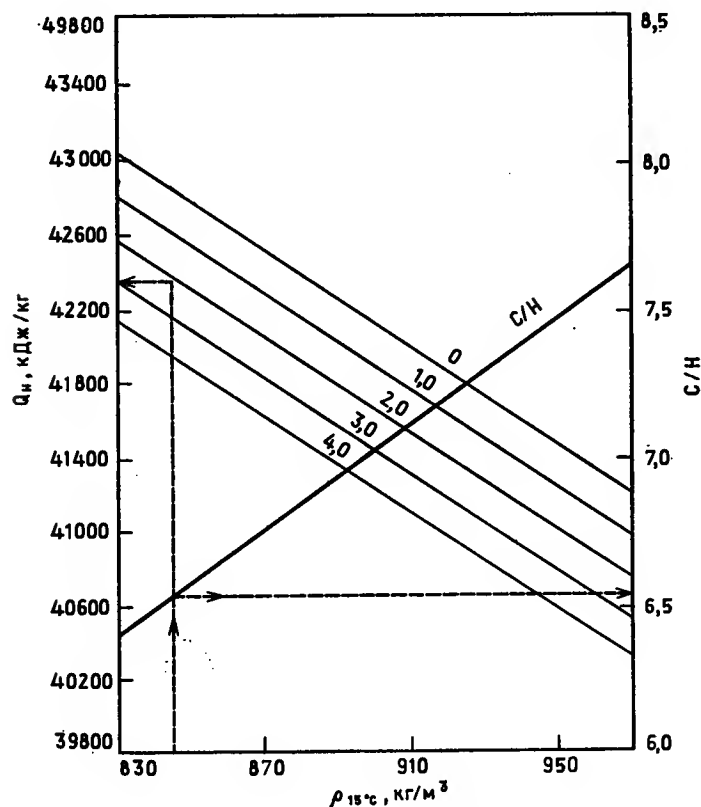


Рис. 34. Номограмма для определения низшей теплоты сгорания топлив Q_n в зависимости от плотности ρ_{15} и соотношения C/H
Цифры у линий — содержание серы в % (масс.)

Таблица 1.21. Изменение температуры застывания (°С) моторных и котельных топлив при хранении

После термообработки (95—100 °С)	После хранения в течение					
	1 сут	2 недели	1 мес	3 мес	6 мес	12 мес
Флотский мазут Ф-5						
—5	1	5	7	7	9	11
—6	—4	2	2	2	6	6
—9	—1	—1	—1	—1	2	2
—6	0	6	6	6	16	16
—11	—7	—5	—5	—5	—5	—5
—16	—15	—13	—13	—13	—13	—13
—15	—11	—7	—5	—5	—5	—5
—13	—10	—4	—2	—2	—2	—2
—12	—9	—1	—1	7	9	9
—11	—10	—8	—6	—6	—5	—5
Мазут экспортный						
—2	2	8	10	10	10	10
—2	6	10	10	12	12	12
1	5	7	7	10	10	12
—8	—3	1	2	2	4	4
—10	—7	—5	—5	—3	—3	—3
0	6	6	6	6	7	7
Топливо моторное ДТ						
—6	—4	—2	—2	—2	—2	—2
—8	—8	—8	—8	—6	—2	—2
—11	—9	—5	—5	—5	—5	—5
Мазут марки 40						
14	16	16	18	18	18	18
8	8	12	12	15	15	15
20	22	22	22	22	22	22
16	18	18	18	18	—	18
22	22	22	22	24	24	24
Мазут марки 100						
34	34	36	36	36	36	36
22	25	25	25	25	25	25
23	25	25	25	25	25	25
24	26	26	26	26	26	26

ных фракций, довольно нестабильны, и их $t_{заст}$ при хранении может повышаться на 4—15 °С. Явление это присуще только топливам, содержащим остаточные компоненты, таким как флотский мазут Ф-5, моторное топливо ДТ и ДМ и экспортный мазут (табл. 1.21). Полагают, что повышение $t_{заст}$ при хранении (регрессия) обусловлено взаимодействием парафиновых углеводородов и асфальтено-смолистых веществ с образованием во времени более жесткой кристаллической структуры. Это свойство топлив очень затрудняет их применение и не позволя-

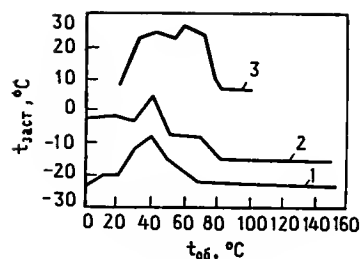


Рис. 35. Зависимость температуры застывания мазута $t_{заст}$ от температуры термической обработки $t_{об}$:

1 — вязкость 5,8 ВУ при 50 °С, $t_{заст} = -16$ °С; 2 — 9 ВУ, $t_{заст} = -5$ °С; 3 — 86 ВУ, $t_{заст} = 22$ °С

ет гарантировать сохранение качества после хранения и транспортирования топлив.

Большое влияние на $t_{заст}$ оказывают температура нагрева, скорость

охлаждения, наличие или отсутствие перемешивания и даже диаметр сосуда, в котором она определяется. Для котельных топлив $t_{заст}$ изменяется в зависимости от условий термической обработки (рис. 35). С повышением температуры термообработки до 40—70 °С $t_{заст}$ топлива возрастает. Дальнейшее повышение температуры термообработки до 100 °С приводит к резкому ее снижению, что связано с изменением структуры топлива, а именно: с повышением температуры в структуре мазута, представляющего собой сплошную сетку, составленную из мелких игл с вкраплениями в нее крупных кристаллических конгломератов парафинов, последние постепенно исчезают и структура становится однородно сетчатой. Не менее важна и скорость охлаждения топлив. С увеличением скорости охлаждения $t_{заст}$, как правило, повышается за счет возникновения большого числа центров кристаллизации, равномерно распределенных по всему объему и способствующих созданию прочной структурной решетки парафина.

Рассчитать $t_{заст}$ или установить величину ее во времени не представляется возможным, так как не удастся учесть все факторы, влияющие на эту температуру, — продолжительность хранения, термические изменения, происходящие в процессе хранения.

Учитывая нестабильность $t_{заст}$, стандарты на мазут флотский, экспортный и на моторное топливо предусматривают гарантии изготовителя: по истечении 3 мес хранения температура застывания не должна превышать установленную стандартом величину: минус 5 °С — для флотского мазута Ф-5 и моторного топлива, плюс 10 °С — для экспортного. Срок гарантии установлен, исходя из экспериментальных данных. Как правило, изменение $t_{заст}$ после 3 мес хранения крайне редко.

Регрессия $t_{заст}$ обуславливает необходимость выработки топлива с запасом качества по этому показателю, что приводит к вовлечению в состав таких продуктов неоправданно большого количества дизельного топлива. Так, для получения флотского мазута Ф-5 на нефтеперерабатывающем предприятии вовлекают в мазут 50—70% дизельного топлива, а для получения топлива, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 10585—75 по всем

показателям качества, кроме $t_{заст}$, достаточно 12,5—40% дизельного топлива (табл. 1.22).

На снижение $t_{заст}$ котельных топлив влияет температура застывания дистиллятной фракции. Нередко полагают, что чем она ниже, тем меньше дистиллятной фракции потребуется для получения товарного мазута. Это справедливо до определенного содержания дистиллятного компонента в товарном мазуте (рис. 36). Практика показала, что для снижения $t_{заст}$ мазута (когда используют 10—50% дизельных фракций) необходимо, чтобы $t_{заст}$ дистиллятного компонента была не выше —10... —12 °С, в противном случае его содержание в смеси заметно возрастает. Например, для получения экспортного мазута с температурой застывания плюс 10 °С потребуется: 25% дизельного топлива с $t_{заст} = -2$ °С или 18% дизельного топлива с $t_{заст} = -12$ °С.

Таблица 1.22. Характеристики флотского мазута Ф-5 без присадки и с депрессорной присадкой

Показатель	Образец № 1		Образец № 2	
	без присадки	0,01% присадки	без присадки	0,05% присадки
Состав, %:				
мазут прямогонный	40—50	87	45—50	70
дизельная фракция	60—50	13	55—60	30
Вязкость условная при 50 °С, ВУ	1,2—2,0	3,63	1,6—3,1	5,0
Зольность, %	0,001—0,03	0,024	0,008—0,017	0,012
Содержание серы, %	0,7—1,2	1,34	1,1—1,5	1,44
Температура застывания после 3 мес хранения, °С	—7÷—11	—11	—7÷—9	—16
Коксуемость, %	1,3—3,9	3,05	3,6—4,0	4,1

Показатель	Образец № 3		Образец 4	
	без присадки	0,03% присадки	без присадки	0,05% присадки
Состав, %:				
мазут прямогонный	30—40	75	45—55	60
дизельная фракция	70—60	25	55—45	40
Вязкость условная при 50 °С, ВУ	1,7—2,5	4,36	1,8—4,3	3,53
Зольность, %	0,018—0,023	0,040	0,014—0,018	0,038
Содержание серы, %	1,2—1,3	1,94	1,3—1,6	1,6
Температура застывания после 3 мес хранения, °С	—7÷—9	—8	—7÷—11	—15
Коксуемость, %	2,1—3,0	5,2	3,0—5,6	4,2

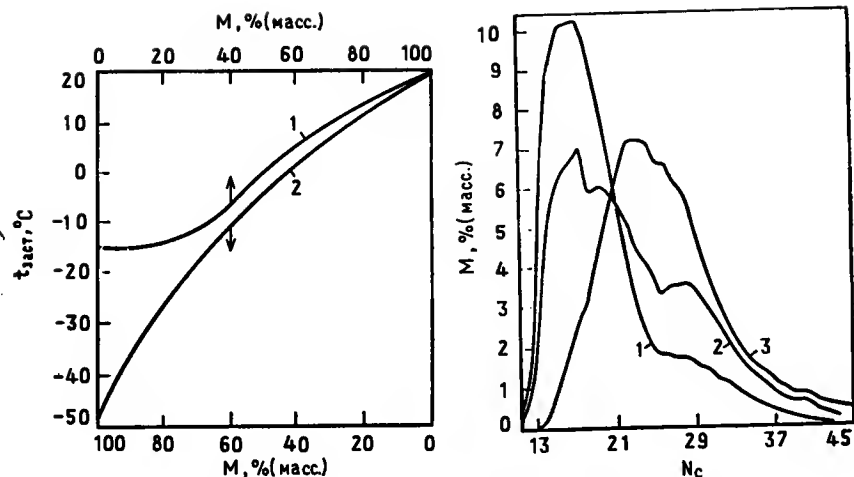


Рис. 36. Зависимость температуры застывания $t_{заст}$ прямогонного мазута от состава M :

1 — дистиллятный компонент, $t_{заст} = -15^\circ\text{C}$; 2 — денормализат процесса «Парекс», $t_{заст} = -48^\circ\text{C}$

Рис. 37. Молекулярно-массовое распределение n -парафиновых углеводородов M по числу атомов углерода N_c :

1, 2 — флотский мазут Ф-5 из пермских, западносибирских нефтей; 3 — прямогонный мазут

Для снижения температуры застывания применяют депрессорные присадки, синтезированные на основе сополимера этилена с винилацетатом. Механизм их действия заключается в модификации структуры кристаллизующегося парафина, препятствующей образованию прочной кристаллической решетки. Эффективность действия депрессорных присадок к котельным топливам зависит, прежде всего, от содержания n -парафиновых углеводородов и их температуры плавления: чем больше их в топливе и чем выше $t_{пл}$, тем менее эффективен депрессор.

Количество n -парафиновых углеводородов в мазутах зависит от их компонентного состава и технологии приготовления топлива. В табл. 1.23 приведены выход и свойства отдельных групп углеводородов мазутов (флотский Ф-5, образец 1 — из пермских нефтей, образец 2 — из западносибирских нефтей), а на рис. 37 — структура n -парафиновых углеводородов, выделенных из мазутов.

Моно- и бициклические ароматические углеводороды не влияют на эффективность действия депрессора, по-видимому, из-за значительного количества в их составе боковых парафиновых цепей. Полициклические ароматические углеводороды, слабо экранированные боковыми парафиновыми цепями и от-

личающиеся высокой цикличностью, обладают некоторыми депрессорными свойствами.

Наибольшее депрессорное действие оказывают асфальтено-смолистые вещества. Это свойство асфальтено-смолистых веществ использовали ранее как единственный способ улучшения низкотемпературных свойств котельных топлив. Количество вводимых в топливо компонентов, содержащих асфальтено-смолистые вещества, например крекинг-остаток, ограничено, так как последний повышает вязкость и содержание серы. Наличие в топливах крекинг-остатка вызывает при эксплуатации повышенное нагарообразование, высокотемпературную коррозию за счет ванадия, концентрирующегося в асфальтено-смолистой части, делает топлива нестабильными при хранении. Асфальтено-смолистые вещества оседают и отлагаются на днищах резервуаров, мазутопроводов, что затрудняет их очистку и приводит к дополнительным затратам в эксплуатации. Отложения асфальтено-смолистых веществ на поверхности нагрева теплообменной аппаратуры увеличивают сопротивление стенки и ухудшают теплообмен.

Асфальтено-смолистые вещества имеют сложную химическую структуру. В табл. 1.24 приведены некоторые данные по анализу смолистых веществ и отдельных групп углеводородов,

Таблица 1.23. Выход и физико-химические свойства фракций адсорбционного разделения мазутов

Группа углеводородов	Выход на мазут, % (масс.)	n_D	ρ_{20} , кг/м ³	M	$t_{заст}$, °C
Флотский мазут Ф-5, образец 1					
n -Парафиновые	11,0	1,4267	797,0	273	41,5
Нафтенно-изопарафиновые	51,8	1,4718	849,5	285	-24
Моноциклические ароматические	8,9	1,5054	906,0	354	-2
Бициклические ароматические	2,6	1,5414	956,4	249	-32
Полициклические ароматические	18,6	1,5684	1042,0	458	13
Асфальтено-смолистые вещества	7,1	—	—	798	—
Флотский мазут Ф-5, образец 2					
n -Парафиновые	8,4	1,4292	828,2	315	50,5
Нафтенно-изопарафиновые	34,4	1,4570	824,5	297	1
Моноциклические ароматические	14,4	1,5083	909,6	304	-1
Бициклические ароматические	6,6	1,5354	949,5	270	-40
Полициклические ароматические	30,3	1,5652	1035,6	440	5
Асфальтено-смолистые вещества	5,9	—	—	665	—
Мазут прямогонный					
n -Парафиновые	5,8	1,4344	855,4	364	54
Нафтенно-изопарафиновые	24,6	1,4746	860,0	359	-2
Моноциклические ароматические	12,0	1,5087	923,3	390	5
Бициклические ароматические	10,1	1,5356	976,3	373	-2
Полициклические ароматические	30,3	1,5752	1056,7	470	8
Асфальтено-смолистые вещества	17,2	—	—	710	—

8 Таблица 1.24. Структурно-групповой состав углеводородов, выделенных из котельных топлив

Углеводороды	Содержание уг- лерода			Среднее число колец			Эмпирическая формула	n	$\frac{C_{II}}{C_H}$	$\frac{C_n}{C_H+C_a}$	
	C _a	C _H	C _{II}	N _a	N _H	N _O					
Флотский мазут Ф-5, образец 1											
α-Парафиновые	—	—	—	—	—	—	C _n H _{2n+2,0}	19,6	—	—	
Нафтено-изопарафи- новые	—	36,8	63,2	—	1,42	1,42	C _n H _{2n-1,1}	18,9	—	—	
Моноциклические ароматические	23,6	17,5	58,9	0,99	1,11	2,10	C _n H _{2n-5,9} S _{0,07}	25,4	3,37	1,43	
Бикиклические ароматические	40,9	22,2	36,9	1,35	1,00	2,35	C _n H _{2n-10,0} S _{0,15}	17,8	1,66	0,58	
Полициклические ароматические	27,8	46,8	23,4	1,81	3,88	5,69	C _n H _{2n-18,7} S _{0,51} N _{0,04} O _{0,29}	32,8	0,50	0,31	
Смолистые вещества	—	—	—	—	—	—	C _n H _{2n-31,7} S _{0,76} N _{0,48} O _{1,30}	48,7	—	—	

7-664

Флотский мазут Ф-5, образец 2

Мазут прямой												
n-Парафиновые	—	—	—	—	—	—	—	C _n H _{2n+2,0}	20,3	—	—	—
Нафтено-изопарафи- новые	—	26,2	73,8	—	—	0,98	0,98	C _n H _{2n-2,6}	19,7	—	—	—
Моноциклические ароматические	27,4	17,1	55,5	0,93	0,99	1,92	1,92	C _n H _{2n-7,3} S _{0,12}	21,9	3,25	1,25	—
Бикиклические аро- матические	37,3	19,5	43,2	1,32	0,95	2,27	2,27	C _n H _{2n-9,1} S _{0,21}	17,9	2,22	0,76	—
Полициклические ароматические	27,3	44,3	28,4	1,67	3,52	5,19	5,19	C _n H _{2n-18,8} S _{0,51} N _{0,10} O _{0,25}	31,2	0,64	0,40	—
Смолистые вещества	—	—	—	—	—	—	—	C _n H _{2n-25,5} S _{0,55} N _{0,44} O _{0,55}	46,6	—	—	—
Мазут прямой												
n-Парафиновые	—	—	—	—	—	—	—	C _n H _{2n+2,0}	25,7	—	—	—
Нафтено-изопарафи- новые	—	35,6	64,4	—	—	1,82	1,82	C _n H _{2n-1,4}	25,7	—	—	—
Моноциклические ароматические	20,1	24,2	55,7	0,90	1,68	2,58	2,58	C _n H _{2n-6,8} S _{0,18}	28,0	2,30	1,23	—
Бикиклические ароматические	25,2	34,2	40,4	1,21	2,33	3,54	3,54	C _n H _{2n-11,0} S _{0,29}	26,4	1,18	0,68	—
Полициклические ароматические	28,3	50,5	21,2	1,91	4,31	6,22	6,22	C _n H _{2n-20,8} S _{0,52} N _{0,13} O _{0,18}	33,4	0,42	0,27	—
Смолистые вещества	—	—	—	—	—	—	—	C _n H _{2n-34,5} S _{0,72} N _{0,42} O _{0,58}	51,1	—	—	—

97

выделенных из товарных флотских (образцы 1 и 2) и прямогонного (образец 3) мазутов.

С углублением переработки нефти содержание асфальтено-смолистых веществ в топливах будет увеличиваться, поэтому все более острой становится проблема производства стабильных котельных топлив. Асфальтены в мазутах находятся в коллоидном состоянии. Устойчивость асфальтено-содержащих дисперсных систем зависит от природы циклического углеводорода и его концентрации в дисперсионной среде. Наличие ароматических и нафтеновых углеводородов повышает седиментационную устойчивость дисперсной системы, причем для ароматических углеводородов этот эффект значительно больше, чем для нафтеновых углеводородов: ароматические углеводороды более склонны к взаимодействию с молекулами асфальтенов, растворимость последних тем больше, чем выше концентрация ароматического компонента. В такой среде асфальтены диспергируются с образованием тонкодисперсных коллоидных и молекулярно-дисперсных частиц. В среде парафиновых углеводородов образуется преимущественно грубодисперсная система. Так как нафтеновые углеводороды по строению являются промежуточными между парафиновыми и ароматическими углеводородами, то и кинетическая и агрегативная устойчивость асфальтенов в них меньше, чем в ароматических, и больше, чем в парафиновых углеводородах.

Температура вспышки определяет требования к пожарной безопасности остаточных топлив. Для топлив, используемых в судовых энергетических установках, нормируется температура вспышки в закрытом тигле ($\geq 75 \div 80^\circ\text{C}$), для котельных топлив — в открытом тигле ($90\text{—}100^\circ\text{C}$); эти нормы обеспечивают безопасную работу судовых энергетических и котельных установок. Разница между температурами вспышки в открытом и закрытом тигле составляет примерно 30°C :

	Мазут марки 40	Мазут марки 100
Температура вспышки, $^\circ\text{C}$:		
в открытом тигле	92	120
в закрытом тигле	61	93

Содержание воды, механических примесей и зольность. Эти компоненты являются нежелательными составляющими котельных топлив, так как присутствие их ухудшает экономические показатели работы котельного агрегата, увеличивает коррозию хвостовых поверхностей его нагрева. При использовании обводненного котельного топлива в судовых энергетических установках в результате попадания глобул воды на трущиеся поверхности деталей, прецизионных пар и нарушения таким образом условий смазывающей способности топлива возможно заклинивание плунжеров или форсуночных игл. Как правило, вода обра-

зует с котельным топливом очень стойкие эмульсии. Большая стойкость эмульсий обусловлена высокой вязкостью мазута и наличием в нем поверхностно-активных асфальтено-смолистых стабилизаторов. С повышением температуры эмульсии разрушаются за счет уменьшения поверхностного натяжения и вязкости.

В то же время наличие воды, равномерно распределенной по всему объему, оказывает положительное влияние на эксплуатационные свойства топлив. Испарение мелкодисперсных частиц воды происходит мгновенно в виде «микровзрыва», процесс сгорания протекает плавно и с достаточной полнотой, что приводит к снижению удельного расхода топлива и дымности отходящих газов.

Механические примеси, как и вода, засоряют фильтры и форсунки, при этом нарушается процесс распыливания топлива. Установлены требования к содержанию механических примесей: для мазута марки 40 — не более 0,8%, для мазута марки 100 — не более 1,5%. Фактически топочные мазуты вырабатывают с более низким содержанием механических примесей — до 0,1% и лишь на отдельных нефтеперерабатывающих предприятиях эти значения приближаются к установленным по ГОСТ 10585—75.

Зола, определяемая показателем зольность, характеризует наличие в топливе солей металлов. Она отлагается при сжигании топлив на поверхностях нагрева котлов и проточной части газовых турбин. Это ухудшает теплопередачу, повышает температуру отходящих газов, снижает к. п. д. котлов и газовых турбин. Состав золы котельных топлив представлен в табл. 1.25.

Зольность топлив зависит, прежде всего, от содержания солей в нефти. Улучшение обессоливания нефтей на нефтеперерабатывающих предприятиях в последние годы позволило получать обессоленные нефти с содержанием солей не более 3—5 мг/л (рнс. 38). Это, в свою очередь, позволило ужесточить

Таблица 1.25. Состав золы остаточных топлив

Топливо	Содержание в топливе, %			Содержание в золе, %						
	S	V	золы	Na	Ca	Fe	Ni	Mg	Al	Si
Мазут марки 40	2,72	0,008	0,096	14	3,5	3,8	8,5	1,0	1,2	3,0
Мазут марки 100	2,80	0,012	0,14	15	6,2	1,4	1,3	1,3	0,45	0,63
Мазут марки Ф-5	2,0	0,0073	0,05	16	2,5	10	5	0,7	1,8	1,0
Топливо ДТ	1,5	0,0002	0,03	16	6,8	1,9	1,5	1,8	1,5	4,3

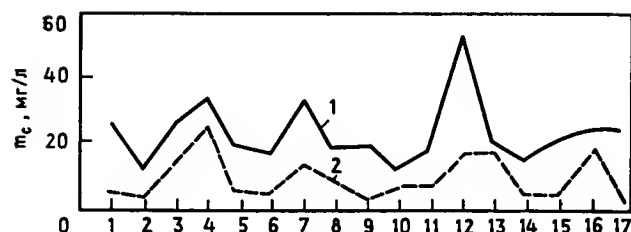


Рис. 38. Среднее содержание солей в нефтях m_c после ЭЛОУ в 1970 г. (1) и в 1980 г. (2) (цифры на оси абсцисс — точки отбора проб)

требования стандарта по зольности котельных и тяжелых моторных топлив до 0,14 и 0,10% соответственно, а при использовании топлив увеличить сроки между чистками котлов.

Ассортимент, состав и качество

Стандарт на котельное топливо — ГОСТ 10585—75 (табл. 1.26) предусматривает выпуск 4 марок топлива: флотских мазутов Ф-5 и Ф-12, которые по вязкости классифицируются как легкие топлива, топочных мазутов марки 40 — как среднее и марки 100 — как тяжелое топливо. Цифры указывают ориентировочную вязкость соответствующих марок мазутов при 50 °С. В зависимости от содержания серы топочные мазуты подразделяют на малосернистые — до 1,0%, сернистые — от 0,1 до 2,0% и высокосернистые — от 2,0 до 3,5%. Для топлив, вырабатываемых из арланской, чекмагушской и бугурусланской нефтей, допускается содержание серы в мазутах до 4,3%.

Топочные мазуты марок 40 и 100 изготавливают из остатков переработки нефти. В мазут марки 40 для снижения температуры застывания до 10 °С вовлекают 8—15% среднедистиллятных фракций, в мазут марки 100 дизельные фракции не добавляют.

Флотские мазуты марок Ф-5 и Ф-12 предназначены для сжигания в судовых энергетических установках. По сравнению с топочными мазутами марок 40 и 100 они обладают лучшими характеристиками: меньшей вязкостью, содержанием механических примесей, воды, зольностью и более низкой температурой застывания. Флотский мазут марки Ф-5 получают смешением продуктов прямой перегонки нефти: в большинстве случаев 45—55% мазута прямогонного и 55—45% дизельного топлива. Допускается использовать в его составе до 22% керосинно-газойлевых фракций вторичных процессов, в том числе легкого газойля каталитического и термического крекинга. Флотский мазут марки Ф-12 вырабатывают в небольших количествах на установках прямой перегонки нефти. Основным отличием мазута Ф-12 от Ф-5 являются более жесткие требования по содер-

жанию серы ($\leq 0,8\%$ против $\leq 2,0\%$) и менее жесткие требования по вязкости при 50 °С ($\leq 12^\circ\text{ВУ}$ против $\leq 5^\circ\text{ВУ}$).

Кроме флотских и топочных мазутов промышленность выпускает экспортный мазут по ТУ 38 001164—78 (табл. 1.27). Его применяют и в судовых энергетических установках на отечественной технике. Получают этот мазут смешением 85—90% остатков переработки нефти и 10—15% дистиллятных фракций.

Таблица 1.26. Характеристики мазута

Показатель	Марка топлива			
	Ф-5*	Ф-12	40	100
Вязкость условная, °ВУ (соответствующая ей кинематическая, мм ² /с, не более):				
при 50 °С	5,0 (36,2)	12,0 (89,0)	—	—
при 80 °С	—	—	8,0 (59,0)	16,0 (118,0)
Зольность, %, не более	0,05	0,10	0,12	0,14
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,10	0,12	0,80	1,5
воды	0,3	0,3	1,5	1,5
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
серы:				
для малосернистого	—	0,6	0,5	0,5
для сернистого	2,0	—	1,0	1,0
для высокосернистого	—	—	2,0	2,0
	—	—	3,5	3,5
Коксуемость, %, не более	6,0	6,0	—	—
Температура, °С:				
вспышки	80	90	(90)	(110)
в закрытом (открытом) тигле, не ниже застывания, не выше (для мазута из парафинистых нефтей)	—5	—8	10 (25)	25 (42)
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг), на сухое топливо (не браковочная), не менее:				
для малосернистого и сернистого	41454 (9870)	41454 (9870)	40740 (9700)	40530 (9650)
для высокосернистого	—	—	39900 (9500)	39900 (9500)
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	955	960	965	1015

* Нормируется также вязкость динамическая при 0 °С — не более 2,7 Па·с.

Таблица 1.27. Характеристика мазута, поставляемого на экспорт

Показатель	Мазут из малосернистых нефтей М-1,0	Мазут из сернистых нефтей	
		М-2	М-2,5
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	—	965	965
Вязкость условная, °ВУ, не более:			
при 50 °С	25	20	20
при 80 °С	6	6	6
Зольность, %, не более	0,1	0,1	0,1
Содержание, %, не более:			
серы	1,0	2,0	2,5
механических примесей	0,3	0,3	0,3
воды	Следы	0,5	0,5
Температура, °С:			
застывания, не выше	10	10	10
вспышки в закрытом тигле, не ниже	75	75	75
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг) на сухое топливо, не менее	40610 (9700)	40190 (9600)	40190 (9600)

Основным топливом для судовых энергетических установок является моторное топливо по ГОСТ 1667—68 (табл. 1.28). Тяжелое моторное топливо марок ДТ и ДМ по вязкости приближается к флотским мазутам марок Ф-5 и Ф-12, но отличается от них содержанием серы: $\leq 1,5$ для топлива ДТ и $\leq 2,5\%$ — для топлива ДМ. Технология получения тяжелых

Таблица 1.28. Характеристика моторного топлива для средне- и малооборотных дизелей

Показатель	ДТ высшей категории	ДТ	ДМ высшей категории
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	930	930	970
Фракционный состав: до 250 °С перегоняется, %, не более	15	15	10
Вязкость при 50 °С, не более:			
кинематическая, мм ² /с	20	36	130
соответствующая ей условная, °ВУ	2,95	5,0	17,4
Коксуемость, %, не более	3,0	3,0	9,0
Зольность, %, не более	0,02	0,04	0,06
Содержание, %, не более:			
серы в малосернистом топливе	0,5	0,5	—
то же, в сернистом топливе	1,5	1,5	2,0
механических примесей	0,05	0,05	0,1
воды	0,1	0,5	0,5
ванадия	0,010	0,015	0,010
Температура, °С:			
вспышки в закрытом тигле, не ниже	70	65	85
застывания, не выше	—5	—5	10

Примечание. Содержание сероводорода и водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

Таблица 1.29. Характеристики перспективных судовых топлив

Показатель	Судовое высоковязкое		
	легкое	тяжелое	сверхтяжелое
Вязкость условная (при температуре, °С) °ВУ, не более	5(50)	8(80)	16(100)
Зольность, %, не более	0,05	0,12	0,15
Содержание, %, не более:			
механических примесей	0,10	0,30	0,60
ноды	0,5	1,0	1,0
серы	2,5	3,5	5,0
ванадия	0,015	0,030	0,060
Коксуемость, %, не более	7,0	15,0	22,0
Температура, °С:			
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	61	61	(110)
застывания, не выше:			
для топлива I вида	+5	+10	+25
для топлива II вида	—	+25	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	965	990	1015

моторных топлив аналогична технологии производства флотских мазутов.

В перспективе с углублением переработки нефти и утяжелением остаточных компонентов мазутов предполагается исключить выработку и поставку мазута марки 40 на ТЭЦ. Основным котельным топливом для котельных установок будет мазут марки 100. На ТЭЦ, получающих мазут по трубопроводам НПЗ — ТЭЦ, будет подаваться мазут марки 200.

Для унификации и оптимизации качества тяжелых моторных топлив, применяемых на флоте, разрабатывается стандарт на судовые топлива. Он включает 3 марки топлива: судовое высоковязкое — легкое, тяжелое, сверхтяжелое (табл. 1.29), что позволит сократить ассортимент топлив, используемых в судовых энергетических установках.

Газотурбинное топливо

Согласно ГОСТ 10433—75 «Топливо нефтяное для газотурбинных установок» топливо получают из дистиллятов вторичных процессов и прямой перегонки нефти. В табл. 1.30 приведены требования к качеству газотурбинного топлива. Оно характеризуется низкой зольностью — 0,01% (т. е. на уровне дизельного топлива), при повышенной зольности в проточной части турбины оседают отложения. Строго ограничивается содержание ванадия и серы. Наличие ванадия приводит к высокотемпературной ванадиевой коррозии лопаток газовой турбины, при этом коррозионно-активным является пентаоксид ванадия V₂O₅.

Таблица 1.30. Характеристик топлива для газотурбинных установок

Показатель	I сорт	II сорт
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	935	935
Вязкость условная при 50 °С, °ВУ, не более	3,0	3,0
Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	39 800	39 800
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Содержание, %, не более:		
ванадия, 10 ⁻⁴	2	4
серы	1,0	2,5
сероводорода	Отсутствие	
воды	0,2	0,5
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
механических примесей	0,02	0,03
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	61
застывания, не выше	5	5
Иодное число, г I ₂ /100 г, не более	20	45
Коксуемость, %, не более	0,5	0,5

Последний при температуре >650 °С, будучи в полужидком состоянии, катализирует процесс окисления металла кислородом и одновременно растворяет продукты окисления, способствуя взаимодействию кислорода с металлом. С повышением содержания ванадия в топливе скорость коррозии возрастает, и чем выше температура, тем при более низком его содержании наблюдается характерный перелом, свидетельствующий о начале катастрофического коррозионного процесса. Сера усиливает ванадиевую коррозию железных сплавов.

Ванадий в нефти распределяется неравномерно. Основная часть его концентрируется в остатках переработки нефти (табл. 1.31). Немного ванадия содержится и в дистиллятных фракциях, причем в последних, получаемых прямой перегонкой, в несколько большем количестве, чем в дистиллятных фракциях вторичных процессов (легких газойлей коксования, каталитического или термического крекинга), так как ванадий остается на катализаторе, либо концентрируется в остатках. Содержание ванадия во фракциях составляет (10⁻⁴%):

Прямогонное дизельное топливо	0,5
Легкий газойль каталитического крекинга	<0,1
Легкий газойль коксования	<0,1

Определяют содержание ванадия по ГОСТ 10364—63. Этот метод позволяет достоверно определить содержание ванадия в пределах 0,003...0,02%. При меньшем содержании ванадия его определяют атомно-адсорбционным методом.

Даже при малом содержании ванадия возможна коррозия, вызываемая присутствием натрия и калия (натрий попадает в топливо с водой, особенно при транспортировании его водным

транспортом). Сульфат натрия Na₂SO₄, попадая в камере сгорания в зоны высоких температур, диссоциирует, и сульфат-ион, в свою очередь, также диссоциирует, при этом выделяется триоксид серы и ион кислорода. Последний взаимодействует с оксидной пленкой, и сульфат-ион в случае нарушения защитной пленки непосредственно взаимодействует с металлом лопатки, при этом образуются сульфид и оксид металла, а также ион кислорода. Обычно содержание натрия и калия в газотурбинных топливах не превышает 0,0004%.

За последние 20 лет развития газотурбостроения, в связи с изменением режима работы турбины и повышением температуры газов на выходе газотурбинной установки, требования к топливу постоянно ужесточались. Было создано топливо нефтяное (ТУ 38 101856—80) для пиковых газотурбинных установок с более жесткими требованиями к содержанию ванадия, натрия, калия и кальция (табл. 1.32).

На нефтеперерабатывающих предприятиях газотурбинное топливо по ГОСТ 10433—75 и ТУ 38 101858—80 получают компаундированием легких газойлей коксования, каталитического крекинга и прямогонных фракций дизельного топлива, выкипающих в пределах 180—420 °С. В некоторых случаях газотурбинное топливо получают только на основе продуктов прямой перегонки, и тогда возникают трудности с обеспечением требуемой температуры застывания (≤5 °С). Последняя является важнейшим показателем при использовании топлива на газотурбинных установках водного транспорта, не оборудованных

Таблица 1.31. Распределение металлов во фракциях нефти

Пределы выкипания фракций, °С	Содержание S, % (масс.)	Содержание металлов, г/т					
		V	Ni	Ca	Fe	Mg	Na
Арланская нефть							
Исходная нефть	2,92	150	50	2,0	32	0,6	3,0
200—250	0,98	0,006	Следы	0,5	0,4	0,16	0,3
250—300	2,40	0,01	Следы	0,6	0,3	0,15	0,4
300—350	2,85	0,02	Следы	0,3	0,6	0,30	0,4
350—400	3,50	0,12	0,06	0,5	1,8	0,30	0,4
>400	4,30	300	100	4	65	1,4	6,0
Смесь западносибирских нефтей							
Исходная нефть	1,34	45	7,0	6	40	1,0	—
400—450	1,76	0,03	0,1	4	0,4	0,20	—
>350		90	20	10	30	1,0	—
>450	2,79	150	30	20	60	3,0	—
Масла >450	2,01	70	10	8	20	1,0	—
Смоли	3,59	130	14	10	30	4,0	—
Асфальтены	4,03	830	180	150	50	15	—

Таблица 1.32. Характеристика нефтяного топлива для газотурбинных установок*

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость условная при 50 °С, °ВУ	≤1,6	Содержание, %:	
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	≥39 800	ванадий	≤0,5·10 ⁻⁴
Зольность, %	≤0,01	натрий + калий	≤2,0·10 ⁻⁴
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле	≥65	кальций	≤4,0·10 ⁻⁴
застывания	≤5	сера	≤1,8
Коксуемость, %	≤0,2	сероводород	Отсутствие
		водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствие
		механические примеси	≤0,02
		вода	≤0,1

* С 1989 г. показатели топлива включены в ГОСТ 10433—75 взамен I сорта.

системами подогрева. Снизить $t_{заст}$ можно введением депрессорных присадок:

Концентрация присадки, %	0	0,0125	0,025	0,05	0,10
$t_{заст}$, °С	15	7	1	-13	-25

Концентрация в топливе присадки зависит от типа перерабатываемой нефти, состава и технологии получения.

Печное топливо

Печное бытовое топливо вырабатывают из дизельных фракций прямой перегонки и вторичного происхождения — дистилляты термического, каталитического крекинга и коксования. Характеристика топлива в соответствии с ТУ 38 1011656—76 приведена в табл. 1.33, а основные физико-химические показатели промышленных образцов печного топлива — в табл. 1.34. По фракционному составу печное бытовое топливо несколько тяжелее дизельного топлива по ГОСТ 305—82 [до 360 °С перегоняется не менее 90% (об.) вместо 96% (об.)] и имеет более высокую вязкость (до 8,0 мм²/с при 20 °С против 3,0—6,0 мм²/с). В нем не нормируют цетановое и иодное числа, температуру помутнения. При переработке сернистых нефтей содержание серы в топливе до 1,1%. В период с 1 апреля по 1 сентября допускается производство топлива с температурой застывания не выше —5 °С. Однако в северных районах страны при работе на обычном стандартном топливе в зимний период наблюдается потеря текучести на линии подачи топлива в отопительные установки, а также забивка парафинами фильтров грубой очистки. Перед форсунками теплогенераторов расположены фильтры с ячейками размером ≈0,5 мм. При работе бытовых отопительных установок с небольшим расходом топ-

Таблица 1.33. Характеристика печного бытового топлива
[*] — Показатель не нормируется. Определено обязательно

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Фракционный состав, °С:		Испытание на медной пластинке	Выдерживает
10% (об.)	≥160	Кислотность, мг КОН/100 см ³	≤5,0
90% (об.)	≤360	Зольность, %	≤0,02
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	≤8,0	Коксуемость 10%-го остатка, %	≤0,35
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле	≥45	Цвет	От светло-коричневого до черного
застывания	≤-15	Теплота сгорания низшая, кДж/кг, на сухое топливо	≥41 000
Содержание, %: серы в малосернистом (сернистом) топливе	≤0,5 (≤1,1)	Плотность при 20 °С, кг/м ³	[*]
воды	Следы		

Примечание. Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей — отсутствует.

Таблица 1.34. Физико-химические свойства образцов печного бытового топлива

Показатель	Номер образца									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	На основе дистиллятов термического крекинга			С вовлечением газойля каталитического крекинга			На основе прямогонных дизельных фракций			
Фракционный состав, °С:										
10% (об.)	205	186	200	200	200	196	187	225	189	212
96% (об.)	352	318	330	350	360	360	300	346	320	360
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	3,60	3,32	3,80	3,42	3,92	4,52	2,95	4,12	3,86	3,94
Температура, °С: застывания	-15	-19	-19	-16	-12	-13	-22	-16	-18	-6
вспышки в закрытом тигле	59	56	59	55	62	58	52	76	54	79
предельная фильтруемость	-6	-8	-7	-9	-7	-10	-11	-10	-7	-8
Содержание серы, %	0,83	0,50	0,52	0,50	0,85	0,80	0,42	0,32	0,40	0,20
Кислотность, мг КОН/100 см ³	1,4	1,2	0,9	0,9	0,9	1,1	0,8	0,7	0,7	0,23
Коксуемость 10%-го остатка, %	0,12	0,11	0,12	0,14	0,13	0,15	0,03	0,09	0,09	0,08
Плотность, кг/м ³	825	822	834	830	882	836	834	832	830	828

лива (0,5—3 кг/ч) последнее прогревается внутри помещения, и фильтр, устанавливаемый вблизи горелки, не забивается. В этом случае достаточно обеспечить соответствующую текучесть топлива при его транспорте и перекачках.

При эксплуатации теплогенераторов или котлов средней производительности, например 28—70 кг/ч, используемых на животноводческих фермах, возможна забивка парафинами фильтров, расположенных на линиях под открытым небом. В этом случае необходимо улучшать не только текучесть топлива при низких температурах, но и прокачиваемость его через фильтры.

Для улучшения низкотемпературных свойств печного топлива в промышленности применяют депрессорные присадки, синтезированные на основе сополимера этилена с винилацетатом.

Глава 2

МОТОРНЫЕ МАСЛА

Для смазывания двигателей внутреннего сгорания применяют моторные масла. В зависимости от назначения их подразделяют на масла для дизелей, карбюраторных и авиационных двигателей. По способу производства они могут быть дистиллятными, остаточными, компаундированными (смесь дистиллятного и остаточного масел) и загущенными (содержащими полимерные присадки).

МАСЛА ДЛЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ДИЗЕЛЕЙ

Общие требования и свойства

Моторное масло следует рассматривать как составляющую смазочной системы двигателя. Оно может длительно и надежно выполнять свои функции только при соответствии свойств тем термическим, механическим и химическим воздействиям, которым масло подвергается в смазочной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей. Взаимное соответствие конструкции двигателя и свойств масел — одно из важнейших условий достижения высокой эксплуатационной надежности двигателей. Современные моторные масла должны отвечать многим требованиям, из них главные следующие:

высокая моющая, диспергирующе-стабилизирующая, пептизирующая и солюбилизирующая способность по отношению к

нерастворимым загрязнениям в сочетании с эффективным нейтрализующим действием обеспечивают чистоту поршней, картера, маслопроводов, фильтров;

высокая термическая и термоокислительная стабильность позволяют использовать масло при высокой рабочей температуре;

минимальный износ трущихся деталей за счет высокой прочности масляной пленки, достаточной вязкости при высокой температуре, способности модифицировать поверхность металла при граничном трении и нейтрализовать образующиеся при работе продукты кислотного характера;

отсутствие коррозионного воздействия на материал деталей двигателя и способность предохранять их от внешних коррозионных агентов*;

пологая вязкостно-температурная характеристика для обеспечения достаточно легкого пуска при низкой температуре и надежной работы при тяжелых режимах;

совместимость с материалами уплотнений, высокая стабильность при транспортировании, хранении и применении;

невысокая склонность к пенообразованию для обеспечения нормальной работы масляных насосов и подачи масла к трущимся поверхностям в необходимом количестве.

К некоторым маслам предъявляют специфические, дополнительные требования. Так, масла, загущенные вязкостными присадками, должны обладать достаточно высокой стойкостью к механической и термической деструкции; для судовых масел особенно важна влагостойкость присадок и малая эмульгируемость с водой; для энергосберегающих — антифрикционность.

Моюще-диспергирующие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателей, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Чем выше моюще-диспергирующие свойства масла, тем больше нерастворимых веществ — продуктов старения может удерживаться в работающем масле без выпадения в осадок, тем меньше лакообразных отложений и нагаров образуется и остается на горячих деталях. Зависимость массы отложений на поршнях двигателя от концентрации моюще-диспергирующей присадки в масле и содержания серы в применяемом топливе представлена на рис. 39. Кроме концентрации моюще-диспергирующих присадок существенное значение имеет их эффективность, а также приемистость к ним базового масла. Наиболее распространенными присадками в композициях моторных масел являются сульфонаты, алкилфеноляты, алкилсалицилаты и фосфонаты кальция, бария или магния в различных сочетаниях друг с другом (зольные присадки),

* Консервационные свойства масел описаны в главе 7.

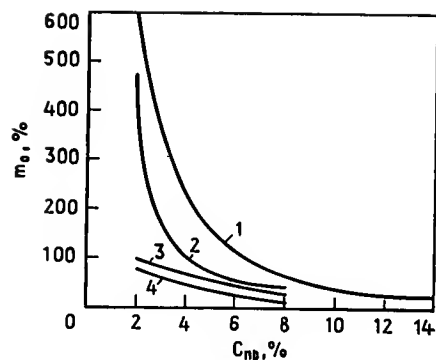


Рис. 39. Зависимость массы отложений m_0 на поршне двигателя 4Ч 10,5/13 от концентрации $S_{пр}$ моюще-диспергирующей присадки при содержании серы в топливе: 1 — 1,5%; 2 — 1,0%; 3 — 0,6%; 4 — 0,2%

а также с беззольными дисперсантами — веществами, снижающими склонность масла к образованию низкотемпературных отложений и скорость загрязнения фильтров.

Механизм действия зольных моющих присадок объясняют их адсорбцией на поверхности нерастворимых в масле частиц. В результате адсорбции на каждой частице образуется оболочка из обращенных в объем масла углеводородных радикалов. Эта оболочка препятствует коагуляции частиц загрязнений, их соприкосновению между собой. Двойной электрический слой придает одноименные электрические заряды частицам, на которых адсорбированы присадки, благодаря чему достаточно крупные частицы отталкиваются друг от друга. При работе двигателей на топливах с высоким содержанием серы щелочные моюще-диспергирующие присадки препятствуют нагаро- и лакообразованию на деталях двигателей в результате нейтрализации кислот, образующихся из продуктов сгорания топлива.

Металлсодержащие моющие присадки повышают зольность масла, что может приводить к таким нежелательным явлениям, как образование зольных отложений в камере сгорания, замыкание электродов свечей зажигания, преждевременное воспламенение рабочей смеси или детонация, прогар выпускных клапанов, абразивный износ. Поэтому сульфатную зольность масел обычно ограничивают верхним пределом. Ее значение зависит от конструкции двигателя, расхода масла на угар, условий эксплуатации, в частности от содержания серы в топливе.

В лабораторных условиях моющие свойства моторных масел определяют на модельной установке ПЗВ, состоящей из малоразмерного двигателя, приводимого в действие от электромотора и имеющего нагрев цилиндра. В стендовых условиях моющие свойства оценивают стандартными испытаниями на одиоцилиндровых моторных установках или полиоразмерных двигателях. Критерием оценки служит чистота поршня, а также других деталей двигателя, масляных фильтров, центрифуг.

Антиокислительные свойства. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не удается. Соответствующей очисткой базо-

вых масел от нежелательных соединений, присутствующих в сырье, а также введением антиокислительных присадок можно значительно затормозить процессы окисления масла, которые приводят к росту его вязкости и коррозионной активности, склонности к образованию отложений, загрязнению масляных фильтров и другим неблагоприятным последствиям.

Окисление масла в двигателе наиболее интенсивно происходит в тонком слое: на металлических поверхностях деталей, нагреваемых до высокой температуры (поршень, поршневые кольца, цилиндр, стембли и направляющие клапанов). В объеме масла окисляется менее интенсивно, так как в поддоне картера, холодильнике и маслопроводах температура ниже и поверхность контакта масла с окисляющей газовой средой меньше. Во внутренних полостях двигателя из-за барботажа масла находится в виде тумана, что создает благоприятные условия для контакта мелких капель масла с картерными газами и, следовательно, для его окисления.

Значительно влияют на скорость и глубину окислительных процессов частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые попадают в масло в результате износа двигателя, недостаточной очистки всасываемого воздуха, нейтрализации присадками неорганических кислот, а также металлорганические соединения меди, железа и других металлов, образующиеся в результате коррозии деталей двигателя или взаимодействия частиц изношенного металла с органическими кислотами. Все эти вещества каталитически ускоряют процесс окисления масла.

Стойкость моторных масел к окислению повышается при введении антиокислительных присадок. Это соединения различных классов, различающиеся механизмом действия. Наибольшее значение имеют диалкил- и диарилдитиофосфаты цинка и других металлов. Часто их комбинируют друг с другом, либо вводят в сочетаниях с беззольными антиокислителями. К числу последних относятся пространственно затрудненные фенолы, ароматические амины, беззольные тиофосфаты и др. Довольно энергичными антиокислителями являются некоторые моюще-диспергирующие присадки, в частности алкилсалицилатные и алкилфенольные.

Действие антиокислительных присадок связано с их способностью разлагать гидропероксиды, деактивировать свободные радикалы и катализаторы окисления, пассивировать металлические поверхности. Обычно окисление моторного масла не сопровождается интенсивным ростом вязкости и другими нежелательными явлениями, пока в масле не израсходованы антиокислительные присадки (рис. 40).

В стандартах и технических условиях на моторные масла их стойкость к окислению косвенно характеризуется индукци-

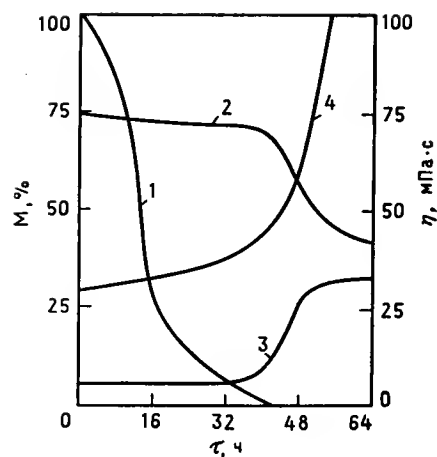


Рис. 40. Зависимость состава M и динамической вязкости η при 40 °С масла от срабатывания антиокислительной присадки (времени работы двигателя τ): 1—3 — содержание дитиофосфата цинка, углеводородов и продуктов окисления соответственно; 4 — вязкость

онным периодом осадкообразования в приборе ДК-3 и термоокислительной стабильностью по методу Папок при 250 °С (для современных масел с многокомпонентными композициями присадок последний метод мало информативен). При

моторных испытаниях антиокислительные свойства масел оценивают по увеличению их вязкости за время работы в двигателе установки ИКМ или Петтер W-1.

Противозносные свойства. Способность моторных масел уменьшать интенсивность изнашивания трущихся деталей, предотвращать износные отказы двигателей зависит от химического состава и полярности компонентов базового масла, а также от состава композиции присадок. Важную роль играет также вязкостно-температурная характеристика масла с присадками, в частности эффективная вязкость при высокой температуре (130—180 °С) и высоком градиенте скорости сдвига (10^5 — 10^7 с⁻¹), зависимость вязкости от давления, свойства граничных слоев масла, его способность химически модифицировать поверхностные слои сопряженных трущихся деталей.

При работе на топливах с повышенным содержанием серы, а также в условиях, способствующих образованию азотной кислоты из продуктов сгорания (газовые двигатели, дизели с высоким наддувом), важнейшей характеристикой способности масла предотвращать износ поршневых колец и цилиндров является щелочное число, его нейтрализующая способность. На рис. 41 представлена зависимость износа первых компрессионных колец двигателя от щелочного числа масла и содержания серы в дизельном топливе.

Различные узлы и детали двигателя (за исключением крейцкопфных дизелей) смазываются обычно одним маслом, а условия трения и изнашивания в них неодинаковы. Подшипники коленчатого вала, поршни и поршневые кольца в сопряжении с цилиндром работают преимущественно в условиях гидродинамической смазки. Шестерни привода агрегатов, масляных насосов и детали механизма привода клапанов работают

в условиях эластогидродинамической смазки. Вблизи мертвых точек жидкостное трение поршневых колец по стенке цилиндра переходит в граничное; этому может способствовать малая эффективная вязкость масла и неблагоприятный режим эксплуатации двигателя с частыми и резкими изменениями частоты вращения и нагрузок.

Множественность факторов, влияющих на износ деталей двигателей, принципиальные различия режимов трения и изнашивания узлов сильно затрудняют оптимизацию противоизносных свойств моторных масел. Однако наличие в масле щелочных моющих присадок и антиокислителей, в частности дитиофосфатов цинка, часто оказывается достаточным для предотвращения коррозионно-механического изнашивания и модифицирования поверхности деталей тяжело нагруженных сопряжений во избежание задигов или усталостного выкрашивания. В некоторых случаях в состав масла необходимо вводить дополнительные противоизносные компоненты.

Большое влияние на износ оказывает наличие в масле абразивных загрязнений. Их присутствие в свежих маслах недопустимо, а масло, работающее в двигателе, должно непрерывно подвергаться очистке в фильтрах, центрифугах и сепараторах.

Смазывающие свойства, определяемые на четырехшариковой машине трения (ЧШМ), нормируют в стандартах и технических условиях на многие моторные масла для контроля процесса производства и состава масел. Непосредственную связь

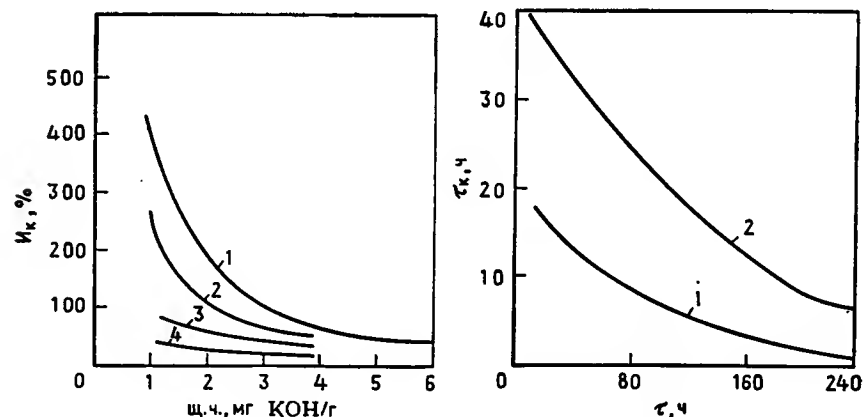


Рис. 41. Зависимость износа поршневых колец I_k двигателя 4Ч 10,5/13 от щелочного числа масел (ш. ч.) при содержании серы в топливе: 1—1,5%; 2—1,0%; 3—0,6%; 4—0,2%

Рис. 42. Зависимость индукционного периода коррозии τ_k (ДК-НАМИ, 160 °С) от продолжительности работы масла в дизеле τ : 1—М-10Гж; 2—М-10ДМ

смазывающих свойств, определяемых на ЧШМ, с фактическими противоизносными свойствами моторных масел в двигателях установить не всегда можно. При моторных испытаниях противоизносные свойства масел оценивают по потере массы поршневых колец, задиру или питтингу кулачков и толкателей, линейному износу этих деталей и цилиндров.

Антикоррозионные свойства. Коррозионная активность моторных масел зависит от углеводородного состава базовых компонентов, концентрации и эффективности антиокислительных и антикоррозионных присадок, наличия в масле природных антикоррозионных соединений и антиокислителей. Во многих моторных маслах роль и антиокислительных, и антикоррозионных присадок выполняют диалкил- или диарилдитиофосфаты цинка. В процессе старения коррозионная активность масел возрастает (рис. 42). Более склонны к увеличению коррозионной активности масла из малосернистых нефтей с высоким содержанием парафиновых углеводородов, при окислении образующих агрессивные органические кислоты, которые взаимодействуют с цветными металлами и их сплавами. Действие антикоррозионных присадок связано с торможением процессов окисления масла и, главным образом, с образованием на поверхностях антифрикционных сплавов (например, свинцовистой бронзы), прочных пленок нерастворимых соединений, которые защищают находящиеся под пленкой слои от растворения агрессивными кислотами. Иногда используют специальные дезактиваторы металлов, образующие хелатные комплексы.

Антикоррозионные присадки, обычно применяемые в моторных маслах, не защищают от коррозии сплавы на основе серебра и фосфористые бронзы, а даже способствуют очень сильной коррозии таких материалов, особенно при высокой температуре. Двигатели, в конструкции которых использованы подобные антифрикционные материалы, необходимо смазывать специальными маслами, не содержащими дитиофосфатов цинка.

В лабораторных условиях антикоррозионные свойства моторных масел оценивают по потере массы свинцовых пластин (в расчете на 1 м² их поверхности) за время испытания в приборе ДК-3 при температуре 140 °С. При моторных испытаниях коррозионную активность масел характеризуют потерей массы шагуновых подшипников, вкладыши которых залиты свинцовистой бронзой (двигатель ЯАЗ-204 или установка Петтер W-1).

Вязкостно-температурные свойства. Вязкость — одна из важнейших характеристик смазочных масел. Она определяет возможность обеспечения жидкостного трения, эффективность охлаждения, легкость пуска, прокачиваемость масла по смазочной системе. Интенсивность изменения вязкости с изменением температуры зависит от углеводородного состава масел: наименьшая у парафиновых углеводородов и наибольшая —

у ароматических углеводородов, а нафтеновые занимают промежуточное положение.

В соответствии с нормативно-технической документацией вязкостно-температурные свойства моторных масел характеризуют индексом вязкости. Это — относительная величина, показывающая степень изменения вязкости в зависимости от температуры. Индекс вязкости рассчитывают по значениям кинематической вязкости при 40 и 100 °С (ГОСТ 25371—82) или находят по таблицам. Вязкостно-температурные свойства масел оценивают также кинематической вязкостью при низкой (0 и —18 °С) температуре.

Сезонные моторные масла не обладают достаточными вязкостно-температурными свойствами для круглогодичного использования их: если обеспечивается надежная работа при высокой установившейся температуре, то трудно пустить двигатель в холодное время, и наоборот (рис. 43, поз. 1, 3). Создание масел, способных обеспечить работу двигателей в летнее время, и пуск при низкой температуре зимой — задача сложная. Для улучшения вязкостно-температурных свойств применяют вязкостные (загущающие) присадки. В качестве присадок используют полимерные соединения (полиметакрилаты, полиизобутены, сополимеры олефинов, стирола с диенами и др.), которые относительно мало меняют вязкость масла при низкой и значительно повышают ее при высокой температуре (рис. 44). Такие масла называют загущенными всесезонными, если охватываемый диапазон вязкостных классов достаточно

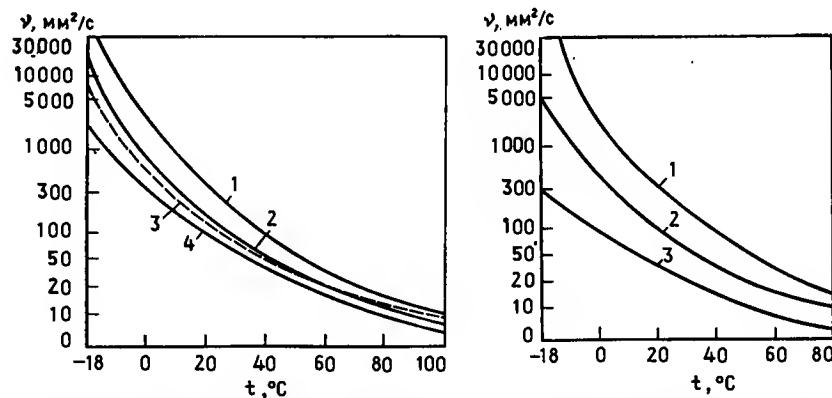


Рис. 43. Зависимость кинематической вязкости моторных масел ν от температуры t :

1 — М-10Г₂; 2 — М-8Г₂; 3 — М-6₃/10В; 4 — М-4₃/6В₁

Рис. 44. Действие вязкостных присадок:

1 — летнее масло; 2 — загущенное всесезонное масло; 3 — маловязкая базовая основа

широк (масло работоспособно летом и зимой, см. рис. 43, поз. 3), или зимними (см. рис. 43, поз. 4).

При температуре $>100^{\circ}\text{C}$ вязкость масел существенно снижается, интенсивность ее изменения определяется по формуле:

$$v_t = v_{100} C_t,$$

где v_t , v_{100} — кинематическая вязкость при температуре определения t и при 100°C , $\text{мм}^2/\text{с}$; C_t — осредненный вязкостно-температурный коэффициент, равный $C_t = 1/(e^{t/100} - 1,63)$.

Для обеспечения работоспособности нагруженных подшипников коленчатого вала минимально допустимая кинематическая вязкость при рабочей температуре составляет $4\text{--}5 \text{ мм}^2/\text{с}$. Надежная работа подшипников наиболее распространенных высокооборотных дизелей в летний период на маслах вязкостью $10 \text{ мм}^2/\text{с}$ при 100°C будет обеспечена до температуры масляного слоя $150\text{--}155^{\circ}\text{C}$. Разница между температурами масла в картере и наиболее нагруженной зоной шатунных подшипников при условии отвода необходимого количества теплоты составляет $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$. Таким образом, при использовании наиболее распространенных масел температура масла в картере не должна превышать 125°C .

Низкотемпературные свойства масел характеризует также температура застывания. Это температура, при которой масло теряет подвижность (при наклоне пробирки с маслом под углом 45° уровень жидкости не меняется в течение 1 мин). Температура застывания зависит в основном от содержания в масле парафиновых углеводородов, их структуры и молекулярной массы. Масла с температурой застывания до $-10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ получают удалением парафинов в процессе депарафинизации. Для получения зимних масел с температурой застывания $-25\text{--}30^{\circ}\text{C}$ и ниже депарафинизация бывает экономически нецелесообразна, и для понижения температуры застывания используют присадки-депрессоры.

При охлаждении из масла выделяются кристаллы парафина, образующие каркас, внутри которого находится жидкое масло. Депрессоры на поверхности кристаллов парафина создают пленки, препятствующие образованию каркаса или способствующие агрегации кристаллов и уменьшению их поверхности. Поэтому масло сохраняет текучесть до более низкой температуры. Эффективные депрессоры в концентрации от десятых долей процента до $1,5\%$ способны понижать температуру застывания масла на $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$. Для получения масел с низкой стабильной температурой застывания и низкой предельной температурой прокачиваемости предпочтительны базовые масла, подвергнутые глубокой депарафинизации.

Система обозначений и методы моторных испытаний

Система обозначения моторных масел установлена ГОСТ 17479.1—85 и включает несколько знаков: букву М (моторное), цифру, характеризующую класс кинематической вязкости, и букву, обозначающую принадлежность к группе по эксплуатационным свойствам. В зависимости от кинематической вязкости масла подразделяют на классы (табл. 2.1). Дробные классы указывают, что по вязкости при температуре -18°C масло соответствует классу, указанному в числителе, а по вязкости при 100°C — классу, указанному в знаменателе.

В зависимости от уровня эксплуатационных свойств и области применения масла делят на группы (табл. 2.2). Индекс 1 присваивают маслам для карбюраторных двигателей, индекс 2 — для дизелей. Универсальные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и карбюраторных двигателях одного уровня форсирования, индекса в обозначении не имеют. Универсальные масла, принадлежащие к разным группам, имеют двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла как дизельного, второе — как карбюраторного.

Примеры обозначения моторных масел: М-8-В₁ — моторное масло класса вязкости 8, — предназначено для среднефорсированных карбюраторных двигателей (В₁); М-6₃/10-В — моторное масло класса вязкости 6₃/10, универсальное для среднефорсированных дизелей и карбюраторных двигателей (В); М-4₃/8-В₂Г₁ — моторное масло класса вязкости 4₃/8, предназначено для использования в среднефорсированных дизелях (В₂) и высокофорсированных карбюраторных двигателях (Г₁).

После основного обозначения в скобках может быть указано дополнительное, характеризующее отличительные признаки масла, например «рк» — рабоче-консервационное, «цл» — для циркуляционных и лубрикаторных смазочных систем, «20», «30» — значение щелочного числа и т. д.

Таблица 2.1. Классы вязкости моторных масел (ГОСТ 17479.1—85)

Класс	v_{100} , $\text{мм}^2/\text{с}$	v_{-18} , $\text{мм}^2/\text{с}$	Класс	v_{100} , $\text{мм}^2/\text{с}$	v_{-18} , $\text{мм}^2/\text{с}$
3 ₃	$\geq 3,8$	≤ 1250	3 ₃ /8	7,0—9,5	≤ 2500
4 ₃	$\geq 4,1$	≤ 2600	4 ₃ /6	5,6—7,0	≤ 2600
5 ₃	$\geq 5,6$	≤ 6000	4 ₃ /8	7,0—9,5	≤ 2600
6 ₃	$\geq 5,6$	$\leq 10\ 400$	4 ₃ /10	9,5—11,5	≤ 2600
6	5,6—7,0	—	5 ₃ /10	9,5—11,5	≤ 6000
8	7,0—9,5	—	5 ₃ /12	11,5—13,0	≤ 6000
10	9,5—11,5	—	5 ₃ /14	13,0—15,0	≤ 6000
12	11,5—13,0	—	6 ₃ /10	9,5—11,5	$\leq 10\ 400$
14	13,0—15,0	—	6 ₃ /14	13,0—15,0	$\leq 10\ 400$
16	15,0—18,0	—	6 ₃ /16	15,0—18,0	$\leq 10\ 400$
20	18,0—23,0	—			

Таблица 2.2. Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1—85)

Группа	Рекомендуемая область применения
А Б ₁	Нефорсированные карбюраторные двигатели и дизели
Б ₂ В ₁	Малофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
В ₂	Малофорсированные дизели
Г ₁	Среднефорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию всех видов отложений
Г ₂	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
Д	Высокофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению
Е	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
	Лубрикаторные системы смазывания цилиндров дизелей, работающих на топливе с высоким содержанием серы

До введения с января 1987 г. стандарта на систему обозначений марок моторных масел (ГОСТ 17479.1—85) маркировка масел была иная. Обозначение моторных масел по ГОСТ 17479.1—85 и соответствие их маркам, ранее принятым в нормативно-технической документации (НТД), даны в табл. 2.3. Количественная характеристика степени форсирования дизелей и ее взаимосвязь с требуемым уровнем эксплуатационных свойств масел показана на рис. 45.

В практике нередко возникает необходимость выбрать отечественное масло для импортируемой техники или зарубежный продукт для экспортируемой. Несмотря на разнообразие марок моторных масел, выпускаемых многочисленными нефтеперерабатывающими фирмами, в их обозначениях имеется указание на класс вязкости по системе SAE (Американское общество автомобильных инженеров) и уровень эксплуатационных свойств по системе API (Американский институт нефти). Ориентировочное соответствие этих систем с принятыми в отечественной практике представлено в табл. 2.4.

При поставке техники на экспорт целесообразно приводить не торговые марки масел, а указывать класс вязкости по SAE

Таблица 2.3. Соответствие обозначений марок моторных масел

Обозначение по ГОСТ 17479.1—85	Ранее принятое в НТД обозначение	Обозначение по ГОСТ 17479.1—85	Ранее принятое в НТД обозначение	Обозначение по ГОСТ 17479.1—85	Ранее принятое в НТД обозначение
М-8-В ₁	М-8В ₁	М-10-В ₂	ДП-11У	М-14Г ₂	М-14Г ₂
М-4 _в /6-В ₁	М-4 _в /6В ₁	М-12-В ₂	М-12В ₂ У	М-16Г ₂ (цс)	М-16Г ₂ ЦС
М-6 _в /10-В	М-6 _в /10В (ДВ-АСЗп-10В)	М-14-В ₂	М-14В ₂	М-14Г ₂ (б)	М-14Г ₂ Б
М-16-А(т)	МТ-16п (с ЦИАТИМ-339)	М-14-В ₂ З	М-14В ₂ З	М-20Г ₂	М-20Г ₂
М-20-А	М-20А	М-16-В ₂	М-16В ₂	М-10-Д	М-10Д
М-20-А	МС-20п	М-16-В ₂	М-16ИХП-3	М-16-Д	М-16Д
М-8-Б	МТ-8п	М-20-В ₂	М-20В ₂	М-10-Д(м)	М-10ДМ
М-6 _в /10-В ₂	МТЗ-10п	М-20-В ₂ (ф)	М-20В ₂ Ф	М-8Д(м)	М-8ДМ
М-12-Б ₂	М-12Б	М-10-Г ₂ (цс)	М-10Г ₂ ЦС	М-10-Д(цл 20)	М-10ДЦЛ20
М-14-Б ₂	М-14Б				
М-16-Б ₂ (т)	МТ-16п (с ПМС и ИП-22к)				
М-20-Б ₂	М-20БП	М-8-Г ₂	М-8Г ₂	М-14-Д(цл 20)	М-14ДЦЛ20
М-8-В ₂	М-8В ₂	М-10-Г ₂	М-10Г ₂	М-14-Д(цл 30)	М-14ДЦЛ30
М-10-В ₂	М-10В ₂	М-8-Г ₂ (к)	М-8Г ₂ к	М-16-Е(30)	М-16Е30
М-10-В ₂ (с)	М-10В ₂ С	М-10-Г ₂ (к)	М-10Г ₂ к	М-16-Е(60)	М-16Е60
М-10-В ₂	М-10В ₂ У	М-14-Г ₂ (цс)	М-14Г ₂ ЦС	М-20-Е(60)	М-20Е60

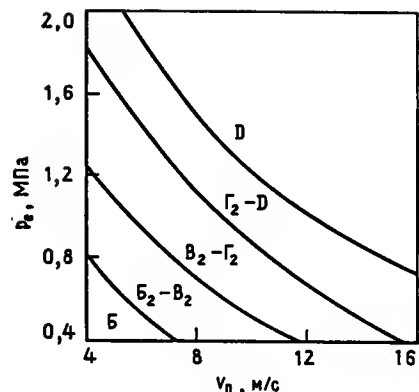


Рис. 45. Выбор группы масла по уровню эксплуатационных свойств в зависимости от степени форсирования дизелей — среднего эффективного давления p_0 и средней скорости поршня v_n

и уровень свойств и область применения по API. Аналогично, и для импортируемой техники рекомендуется требуемый сорт масла подбирать по этим двум характеристикам. Однако следует иметь в виду, что указанное соответствие

является ориентировочным, поскольку вырабатываемые разными фирмами масла существенно различны по технологии получения, составу, используемым присадкам. По этой причине нередко возникает необходимость в проведении испытаний для уточнения регламента технического обслуживания, оценки пригодности конкретного масла к применению в тех или иных двигателях. Иногда ситуация осложняется специфическими требованиями, предъявляемыми к маслу изготовителем двигателя (например, ограничение по сульфатной зольности, содержанию цинка и др.).

Уровень эксплуатационных свойств (группу) масел определяют на основании результатов моторных испытаний в одноцилиндровых установках или полноразмерных двигателях согласно ГОСТ 17479.1—85 (табл. 2.5). Моющие свойства определяют в первую очередь по загрязненности поршня. При этом учитывают подвижность поршневых колец, толщину и характер отложений в канавках, на юбке и внутри поршня. Чис-

Таблица 2.4. Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по ГОСТ 17479.1—85 и системам SAE и API

ГОСТ 17479.1—85	SAE	ГОСТ 17479.1—85	SAE	ГОСТ 17479.1—85	SAE	ГОСТ 17479.1—85	API	ГОСТ 17479.1—85	API
3	5W	12	30	4 ₃ /10	10W/30	A	SB	Г	SE/CC
4 ₃	10W	14	40	5 ₃ /10	15W/30	Б	SC/CA	Г ₁	SE
5 ₃	15W	16	40	5 ₃ /12	15W/30	Б ₁	SC	Г ₂	CC
6 ₃	20W	20	50	6 ₃ /10	20W/30	Б ₂	CA	Д	CD
6	20	3 ₃ /8	5W/20	6 ₃ /10	20W/30	В	SD/CB	Е	—
8	20	4 ₃ /6	10W/20	6 ₃ /14	20W/40	В ₁	SD	—	CE
10	30	4 ₃ /8	10W/20	6 ₃ /16	20W/40	В ₂	CB	—	SG

Таблица 2.5. Методы моторных испытаний масел

Группа масла	Оцениваемый показатель	Метод: установка (стандарт)	Длительность испытания, ч	Оценочный параметр
В ₁ , Г ₁	Моющие свойства	НАМИ-1 (ГОСТ 20991—75)	120	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1 (ГОСТ 20984—75)	120	Масса отложений в роторе центрифуги
	Антиокислительные свойства	ИКМ (ГОСТ 20457—75) или Петтер W-1	40 36	Изменение вязкости масла
Б ₂ , В ₂	Моющие свойства	УИМ-6-НАТИ (ГОСТ 21490—76) или ИМ-1* (ГОСТ 20303—74) или дизель СМД-14 (Типовая методика)	120 100 960	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями
	Антиокислительные свойства	ИКМ (ГОСТ 20457—75) или Петтер W-1	40 36	Изменение вязкости масла
	Антикоррозионные свойства	Дизель ЯАЗ-204 (ГОСТ 20302—74) или Петтер W-1	125 36	Потери массы комплекта шатунных вкладышей
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1 (ГОСТ 20984—75)	120	Масса отложений в роторе центрифуги
Г ₂ , Д	Моющие свойства	УИМ-6-НАТИ (ГОСТ 21490—76) или ИМ-1 (ГОСТ 20303—74) или дизель ЯМЗ-238НБ (Типовая методика)	120 100 960	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями
	Антикоррозионные свойства	Дизель ЯАЗ-204 (ГОСТ 20302—74) или Петтер W-1	125 36	Потеря массы комплекта шатунных вкладышей
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1 (ГОСТ 20984—75)	120	Масса отложений в роторе центрифуги
	Антиокислительные свойства	ИКМ или Петтер W-1	40 36	Изменение вязкости масла

* Для масел группы В₂.

тый поршень оценивают в 0 баллов. Масло относят к группе, предусмотренной системой обозначения, если загрязненность поршня в баллах при его испытаниях не превышает более чем на 20% оценку эталонного масла той же группы или соответствует нормам, указанным в методах испытаний. Требования к эталонным маслам установлены ТУ 38 40159—84.

Часто моющие свойства оценивают в стендовых условиях на одноцилиндровых установках. Установка НАМИ-1 представляет собой одноцилиндровый отсек карбюраторного двигателя ЗИЛ-130, УИМ-6-НАТИ — тракторного дизеля Д-75. Установка ИМ-1 — это одноцилиндровый дизель типа 1Ч 8,5/11, переоборудованный для работы с наддувом и высокотемпературным термосифонным охлаждением. При отсутствии специальных установок проводят длительные (960 ч) испытания в полно-размерных двигателях.

Для автомобильных карбюраторных двигателей и дизелей, работающих на переменных режимах, важна склонность масел к образованию низкотемпературных отложений. Этот показатель определяют в установке НАМИ-1 по массе осадка, образующегося в роторе центрифуги.

Антиокислительные свойства оценивают испытанием на установке ИКМ (одноцилиндровый бензиновый двигатель УД-1 воздушного охлаждения, детали цилиндропоршневой группы от двигателя «Москвич-402»). Антикоррозионные свойства оценивают при испытании масла в полноразмерном дизеле ЯАЗ-204: за 125 ч потеря массы шатунных вкладышей не должна превышать 0,2 г и не должно быть видимой коррозии и механических повреждений антифрикционного слоя вкладышей.

Ассортимент масел для карбюраторных двигателей

Карбюраторные двигатели, использующиеся в легковых и грузовых автомобилях, автобусах, мотоциклах, мотороллерах, бензопилах, газонокосилках, в авиационной технике, работают, как правило, в резко переменных скоростных и нагрузочных режимах, что отражается на температуре моторного масла. Это вызывает ужесточение требований к способности масла предотвращать образование как высокотемпературных (нагары и лак в зоне цилиндропоршневой группы), так и низкотемпературных (шламы) отложений, а также к антиокислительным свойствам. Ассортимент масел для карбюраторных двигателей включает в основном продукты, относящиеся к группам В₁ и Г₁. В него входит также масло для двухтактных бензиновых двигателей (масло М-12-ТП). Выбор масла обусловлен уровнем форсирования и условиями эксплуатации двигателя. Рекомендованные для применения масла, сроки их смены указаны в эксплуатационной документации.

Масло М-12-ТП (ТУ 38 401666—87) получают компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с добавлением присадок, использование которых в составе топливно-масляной смеси позволяет обеспечить надежную работу двухтактных двигателей бензопил и другого оборудования. Характеристика масла для двухтактных двигателей приведена ниже:

Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	11,0—12,0
Зольность сульфатная, %	≤0,3
Щелочное число, мг КОН/г	≥2,3
Содержание, %:	
механических примесей	≤0,015
воды	Следы
Температура застывания, °С	≤-15
Плотность при 20 °С, кг/м ³	≤900

Масла группы В₁ (табл. 2.6)

Масла группы В₁ готовят на базе дистиллятных компонентов с введением композиции достаточно эффективных присадок, уровень моюще-диспергирующих и антиокислительных свойств которых обеспечивает надежную работу двигателей среднего уровня форсирования.

Масло М-4/6В₁ (АСЗп-6) (ОСТ 38 01370—84) получают на базе веретенного масла АУ с композицией присадок. Введение в состав масла полиметакрилата обеспечивает высокий уровень вязкостно-температурных свойств. Используют в двигателях, работающих на бензине А-76, как зимнее масло для средней климатической зоны и всесезонное для северной климатической зоны с температурой холодного пуска до -30 °С.

Масло М-8В₁ (ГОСТ 10541—78) получают из смеси дистиллятного и остаточного компонентов с композицией присадок. Является всесезонным для среднефорсированных двигателей легковых и грузовых автомобилей. Применяют с периодичностью замены до 18 тыс. км пробега. Рекомендовано к применению в качестве зимнего для среднефорсированных дизелей.

Масло М-8В₁ (ТУ 38 001344—82) получают из нефтей месторождения Сангачалы-море с композицией присадок. Используют всесезонно для автомобильных карбюраторных двигателей, работающих на бензине А-76.

Масло М-6/10В (ОСТ 38 01370—84) получают с использованием высококачественных базовых масел АСВ-5 или АСВ-6 (с разными температурами застывания) и эффективной композиции присадок. Является универсальным всесезонным для среднефорсированных автомобильных карбюраторных двигателей, работающих на бензине А-76, и среднефорсированных дизелей всех типов. Периодичность замены в автомобильных карбюраторных двигателях до 18 тыс. км пробега, в дизелях — до 500 ч.

Таблица 2.6. Характеристика масел группы В₁

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-4 ₃ /6В ₁	М-8В ₁ по ГОСТ	М-8В ₁ по ТУ	М-6 ₃ /10В
Вязкость кинематическая, мм ² /с:				
при 100 °С	5,5—6,5	8±0,5	8±0,5	9,5—10,5
при 0 °С	—	≤1200	≤1400	—
при —18 °С,	1100—2600	—	—	≤9000
при —30 °С	≤11 000	—	—	—
Индекс вязкости, не менее	125	85	85*	115
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	5,5	4,0	4,0	5,5
Зольность сульфатная, %, не более	1,3	0,95	1,3	1,3
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	0,5	0,5	0,5
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч	[*]	≥30	[*]	[*]
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ² , не более	5	10	10	4
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	—	0,16	—	—
бария	—	—	0,40	—
цинка	—	0,09	—	—
фосфора	—	0,09	0,02	—
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	165	200	200	190
застывания, не выше	—42	—25	—25	—40/—30**
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	500	300	—
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,02	0,015	0,015	0,02
воды		Следы		
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ	[*]	≤7,5	—	[*]
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	[*]	900	905	890
Моторные испытания		Выдерживает		

* По таблице значений.

** В числителе — на основе АСВ-5, в знаменателе — АСВ-6.

Масла группы F₁ (табл. 2.7)

Масла группы F₁ содержат высокоэффективные композиции присадок и предназначены для использования в форсированных двигателях (главным образом легковых автомобилей), работающих на бензине АИ-93.

Масло М-5₃/10-Г₁ (ТУ 38 1011080—86) готовят на базе индустриального И-20А с пакетом моюще-диспергирующих, антиокислительной, загущающей и других присадок фирмы «Lubrizol» и отечественного производства.

Масло М-6₃/12-Г₁ (ТУ 38 1011099—86) получают на базе смеси мало-, средне- и высоковязкого компонентов с композицией отечественных присадок, обеспечивающей повышенные противозносные свойства, исключаяющей питтинг толкателей, износ кулачков распределительного вала.

Масла для дизелей

Дизели отличаются от других двигателей внутреннего сгорания очень большим разнообразием типов, конструкций, способов смесеобразования, назначений и условий эксплуатации. Поэтому

Таблица 2.7. Характеристики масел группы G₁

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-5 ₃ /10-Г ₁	М-6 ₃ /12-Г ₁
Вязкость кинематическая, мм ² /с:		
при 100 °С	10—11	≥12
при —18 °С	[*]	≤10 400
Вязкость динамическая при —18 °С, мПа·с, не более	2300	4500*
Индекс вязкости, не менее	120	115
Щелочное число мг КОН/г, не менее	5	7,5
Зольность сульфатная, %, не более	0,9	1,3
Содержание, %, не более:		
механических примесей	0,015	0,015
воды	Следы	
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	210
застывания, не выше	—38	—30
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ²	[*]	Отсутствие
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч	[*]	≥30
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	5,0	7,5
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	900	900
Содержание активных элементов, %, не менее:		
цинка	0,12	0,10
кальция	0,20	0,23
Моторные испытания	Выдерживает	

* При —15 °С.

му ассортимент дизельных масел состоит из продуктов, значительно различающихся по предъявляемым к ним требованиям и эксплуатационным свойствам, и охватывает все группы от А до Е. Важнейшие признаки, определяющие выбор марки масла, — тип и назначение дизеля, уровень его форсирования, жесткость условий эксплуатации и качество применяемого топлива. Допущенные к применению марки масел, регламент обслуживания смазочной системы, включая сроки смены масел, приведены в инструкциях по эксплуатации дизелей. Основой дизельных масел являются дистиллятные, остаточные или компаундированные базовые масла селективной очистки, получаемые из малосернистых или сернистых нефтей. Во все дизельные масла, за исключением масла М-20А, вводят многофункциональные присадки или композиции присадок.

Масла группы А (табл. 2.8)

Ассортимент масел группы А состоит из трех марок, применяемых в относительно легких эксплуатационных условиях.

Масло М-20А (ТУ 38 101317—72) — остаточное селективной очистки, без присадок. Применяют для смазывания газомото-

Таблица 2.8. Характеристики масел группы А*

Показатель	М-20А	МС-20п	МТ-16п (с присадкой ЦИАТИМ-339)
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	≥20,0	≥20,0	15,5—16,5
Индекс вязкости, не менее	85	80	85
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	—	0,9	0,9
Зольность, %	≤0,003	≤0,24	0,25—0,55
Моющие свойства по ПЗВ, баллы	—	—	≤1,0
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ² , не более	15	10	6,0
Смазывающие свойства: D_H при 200 Н, мм, не более	—	—	0,45
Температура, °С:			
вспышки в закрытом тигле, не ниже	225	225	230**
застывания, не выше	—15	—18	—25
Степень чистоты, мг/100 г	—	—	≤400
Содержание, %:			
механических примесей	Отсутствие	≤0,010	≤0,015
воды	Отсутствие	—	Следы
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	7	—	7
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	898	900	905

* Для масла М-20А нормированы также: коксуемость <0,4%, содержание серы <1%, кислотное число <0,05 мг КОН/г; для масла МС-20п — содержание бария >0,14%.
 ** В открытом тигле.

компрессоров и малофорсированных стационарных дизелей, работающих на топливах с малым содержанием серы.

Масло МС-20п (ТУ 38 101265—72) получают добавлением присадки ЦИАТИМ-339 к остаточному базовому маслу из малосернистых нефтей. Применяют в судовых и тепловозных дизелях типа 12ЧН18/20, эксплуатируемых на малосернистом топливе.

Масло МТ-16п (ГОСТ 6360—83) вырабатывают из сернистых нефтей, содержит многофункциональную присадку ЦИАТИМ-339 и депрессорную присадку АзНИИ—ЦИАТИМ-1. Применяют для смазывания транспортных дизелей без наддува типа В-2, двигателей узкоколейных тепловозов, строительных и дорожных машин.

Масла группы Б₂ (табл. 2.9)

Масла группы Б₂ вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей, они содержат композиции присадок. Применяют в автотракторных, транспортных, судовых, тепловозных и стационарных дизелях, эксплуатируемых на топливе с малым содержанием серы.

Масло МТ-8п (ТУ 38 101277—85) получают компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с композицией присадок. Предназначено для смазывания двигателей и трансмиссий транспортных машин при зимней эксплуатации.

Масло МТЗ-10п (ГОСТ 25770—83) готовят на основе маловязкого масляного дистиллята с нормированным фракционным составом путем загущения полимерной вязкостной присадкой, содержит композицию присадок. Применяют в транспортных дизелях преимущественно для эксплуатации зимой, в легких эксплуатационных условиях можно использовать всесезонно.

Масло ДП-11у (ТУ 38 001223—75) вырабатывают из бакинских нефтей с композицией присадок. Применяют для смазывания безнаддувных автотракторных, судовых и стационарных дизелей при работе на малосернистом топливе.

Масла М-12Б и М-14Б (ТУ 38 101264—72) вырабатывают из малосернистых или сернистых нефтей компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с многофункциональной присадкой ВНИИ НП-360 и противопенной присадкой ПМС-200А. Применяют в двух- и четырехтактных тепловозных дизелях типов 2Д100, Д-50 и аналогичных им по уровню форсирования двигателей маневровых и промышленных тепловозов.

Масло МТ-16п (ГОСТ 6360—83) получают из малосернистых нефтей; содержит присадки ПМС и МНИИП-22к, а также депрессорную и противопенную присадки. Применяют для смазывания транспортных дизелей типа В-2.

Масло М-20Бп (ТУ 38 101593—75) готовят добавлением к остаточному маслу из малосернистых нефтей композиции при-

Таблица 2.9. Характеристики масел группы B₂

Показатель	МТ-8п*	МТЗ-10п*	Дв-11у*	М-12Б	М-14Б	М-20Бп	МТ-16п**
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	8,0—9,0	9,5—10,5	10,0±1,0	12,0±0,5	14,0±0,5	19,5—21,5	15,5—16,5
Индекс вязкости, не менее	90	125	65	85	85	85	85
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	2,0	3,5	4,8	—	—	2,7	4,0
Зольность, %: без присадок, не более	0,005	—	—	0,005	0,005	—	—
с присадками	0,4—0,75	≤1,15	≥1,15	≥1,0	≥1,0	≤0,9***	0,6—1,0
Коксуемость (без присадок), %, не более	0,30	—	0,15	0,30	0,40	—	—
Кислотное число (без присадок), мг КОН/г, не более	0,01	—	0,07	0,05	0,05	—	—
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	—	0,5	—	—	3,5	1,0
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	60	—	45	—	—	90	—
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ² , не более	5,0	5,0	30	8	8	10	5

Температура, °С:

вспышки в открытом тигле, не ниже

застывания, не выше

Степень чистоты, мг/100 г, не более

Содержание механических примесей, %, не более:

без присадок

с присадками

Содержание воды, не более

Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более

Плотность при 20 °С, кг/м³, не более

180	165	210	200	200	220	210
—30	—43	—20	—15	—15	—15	—25
—	—	380	—	—	250	600
Отсутствие	—	—	Отсутствие	—	—	—
0,015	0,025	0,025	0,015	0,015	0,015	0,015
Следы						
8,0	4,0	—	7,0	7,0	4,5	7,0
900	900	903	905	910	902	905

* Нормированы также: для масла МТ-8п индекс задыра >35; для масла МТЗ-10п содержание кальция >0,2%; для масла Дв-11у содержание бария >0,6%.

** С присадками ПМС и МНИИП-22к.

*** Зольность сульфатная.

садок ЦИАТИМ-339, ПМСя, ДФ-1 и ПМС-200А. Применяют для смазывания судовых дизелей типа 12ЧН18/20 и ЧН16/17 при их эксплуатации на топливе с малым содержанием серы.

Масла группы В₂ (табл. 2.10 и 2.11)

Масла группы В₂ вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей; содержат композиции присадок. Применяют их в автотракторных дизелях без наддува, а также в судовых, тепловозных, стационарных и транспортных дизелях среднего уровня форсирования, эксплуатируемых на дистиллятных дизельных топливах с небольшим содержанием серы.

Масло М-10В₂С (ГОСТ 12337—84) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых или малосернистых нефтей, и композиции присадок. Применяют в главных и вспомогательных тронковых дизелях морских и речных судов, дизель-генераторах, автотракторных дизелях типа СМД-14, А-41, Д-50 и др., а также в циркуляционных системах крейцкопфных судовых дизелей типа ДКРН 50/110, ДКРН 74/160, ДКРН 62/140, ДКРН 84/180.

Масло М-14В₂ (ГОСТ 12337—84) получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, выработанных из сернистых нефтей, с композицией присадок. Используют для смазывания двух- и четырехтактных тепловозных и судовых дизелей тронкового типа при их эксплуатации на топливе, содержащем до 0,5% серы, а также в дизелях типа ЧН21/21, установленных на автомобилях БелАЗ.

Масло М-20В₂Ф (ГОСТ 12337—84) состоит из остаточного базового масла, получаемого из сернистых нефтей, и специальной композиции присадок. Масло предназначено для смазывания судовых дизелей типов 12ЧН18/20 и ЧН16/17, имеющих повышенную степень форсирования или эксплуатируемых со значительно увеличенными сроками смены масла; не содержит дитиофосфатов цинка.

Масла М-14В₂З и М-20В₂ (ГОСТ 23497—79) вырабатывают с использованием соответственно средневязкого компаундированного и остаточного базового масел из сернистых нефтей; содержат композиции присадок, выбранные с учетом условий применения масел. Предназначены для смазывания дизелей буровых установок при эксплуатации их зимой и летом. Масло М-14В₂З загущено вязкостной присадкой, но не является всепогодным.

Масло М-16В₂ (ТУ 38 101235—74) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из малосернистых нефтей, и композиции присадок. Применяют для смазывания главных двигателей речных судов.

Масло М-16ИХП-3 (ГОСТ 25770—83) производят из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из

Таблица 2.10. Характеристики масел группы В₂ для стационарных судовых и транспортных дизелей

[*] — Показатель не нормируется. Определенные обязательно

Показатель	М-10В ₂ С	М-14В ₂	М-20В ₂ Ф	М-14В ₂ З	М-20В ₂	М-16В ₂	М-16ИХП-3
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	11,0—12,0	13,5—14,5	19,0—22,0	13,0—15,0	18,0—22,0	16±1	15,5—16,5
Индекс вязкости, не менее	83	85	90	100	90	80	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	3,5	4,8	2,8	6,0	3,5	3,5	4,0
Зольность сульфатная, %	≤1,0	≤1,2	≤0,65	≤1,3	≤1,3	≥0,6	≤1,25
Моющие свойства по ПЗВ, баллы	[*]	—	—	—	—	—	≤0,5
Термоокислительная стабильность при 250 °С, ми, не менее	—	—	—	55	80	60	100
Моющий потенциал, %	[*]	[*]	[*]	≥35	—	—	≥80
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч	[*]	≥50	[*]	—	—	—	≥45
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ² , не более	Отсутствие	—	10	Отсутствие	—	5	9
Содержание активных элементов, %, не менее:							
кальция	0,19	0,15	0,08	0,16	0,08	—	—
цинка	0,05	0,045	—	0,09	0,05	—	—
бария	—	0,13	0,07	—	0,25	—	0,60
фосфора	0,05	0,040	0,03	—	—	—	—
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	210	210	230	220	235	200	225
застывания, не выше	—15	—12	—15	—30	—15	—15	—25
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	600	[*]	—	200	—	320
Содержание, %, не более:							
механических примесей	0,01	0,02	0,01	0,015	0,015	0,025	0,013
воды	—	—	—	—	—	—	—
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	[*]	[*]	[*]	7,5	7,5	6,0	6,0
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	905	[*]	[*]	905	910	—	905

Примечание. Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5) °С для масел: М-14В₂ И₂=37; Р_к и D_н — не нормируются. Определенные обязательно. М-20В₂Ф И₂, Р_к и D_н — не нормируются. Определенные обязательно. М-16ИХП-3 И₂≥34.

Таблица 2.11. Характеристики масел группы В₂ для автотракторных дизелей и масла для газомотокомпрессоров

Показатель	М-8В ₂	М-10В ₂	М-12В _у	МГД-14М
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	8±0,5	11±0,5	11±1,0	13,5—15,5
Индекс вязкости, не менее	85	85	65	90
Щелочное число, мг КОН/г	≥3,5	≥3,5	≥5,3	≤2,0
Зольность сульфатная, %	≤1,3	≤1,3	1,0—1,3	≤0,2
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	0,5	0,5
Моющий потенциал при 250 °С, %	—	—	60	—
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	50	80	45	—
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	30	30	—	35
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ² , не более	10	10	25	10
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	0,08	0,08	—	—
цинка	0,05	0,05	—	—
бария	0,18	0,18	0,70	—
фосфора	0,05	0,05	—	—
Температура, °С:				
вспышки, в открытом тигле, не ниже	200	205	205	215
застывания, не выше	—25	—15	—15	—15
Степень чистоты, мг/100 г, не более	500	500	400	400
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,015	0,015	0,020	0,015
воды			Следы	
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	4,5	4,5	7,0	4,0
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	905	905	905	—

сернистых нефтей; содержит композицию присадок. Применяют для смазывания форсированных транспортных дизелей с наддувом.

Масла М-8В₂ и М-10В₂ (ГОСТ 8581—78) готовят смешением дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, с композициями присадок. Предназначены для смазывания автотракторных дизелей без наддува типа СМД-14, А-41, Д-50, Д-37М, Д-65 и др. соответственно при эксплуатации их зимой и летом.

Масло М-12В_у (ТУ 38 001248—76) состоит из базового масла, получаемого смешением дистиллятного и остаточного компонентов из бакинских нефтей, и композиции присадок. Использо-

уют в автотракторных дизелях без наддува при эксплуатации летом, а также в высокооборотных судовых дизелях, дизель-генераторах.

Масло МГД-14М (ТУ 38 101930—83) вырабатывают из сернистых нефтей, содержит специальную композицию присадок. Предназначено для смазывания двигателя и компрессорной части газомотокомпрессоров типов 8ГК, 8ГКМ, 10ГКМ, 10ГКН и аналогичных им при работе на природном газе. Применяют в циркуляционной смазочной и лубрикаторной системах.

Масла группы Г₂ (табл. 2.12 и 2.13)

Масла группы Г₂ вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей, содержат композиции присадок. Применяют их в автотракторных дизелях без наддува и с наддувом, а также в судовых и тепловозных дизелях, имеющих повышенный уровень форсирования. Требуемое для масел этой группы повышение температурных пределов работоспособности, моюще-диспергирующих, антиокислительных, нейтрализующих и противоионных свойств достигается использованием в их составах более эффективных присадок и большим содержанием присадок. Дизели, смазываемые маслами группы Г₂, эксплуатируют на дистиллятных топливах с содержанием серы до 0,5%, а в благоприятных случаях, например, судовые среднеоборотные дизели с большим диаметром цилиндра и крейцкопфные дизели, — до 1,5%.

Масла М-10Г₂ЦС, М-14Г₂ЦС и М-16Г₂ЦС (ГОСТ 12337—84) состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей и композиции эффективных присадок. Предназначены для смазывания главных и вспомогательных тронковых дизелей судов морского транспортного, промыслового и речного флота. Масло М-10Г₂ЦС используют также в циркуляционных системах крейцкопфных дизелей высокой степени форсирования, а масло М-16Г₂ЦС — для лубрикаторной смазки цилиндров тронковых и крейцкопфных дизелей при их эксплуатации на топливе с содержанием серы до 1,0%. Масло М-14Г₂ЦС применяют в стационарных дизель-генераторах с двигателями типа ЧН40/48, дизель-редукторных агрегатах с двигателями типа ЧН40/46.

Масла М-10Г₂ЦС, М-14Г₂ЦС и М-16Г₂ЦС применимы в судовых механизмах, смазываемых маслами соответствующих вязкостей (редукторы, компрессоры, воздуходувки и др.); обладают хорошей влагостойкостью и малой эмульгируемостью с водой.

Масло М-14Г₂ (ГОСТ 12337—84) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции эффективных присадок. Предназначено для смазывания тепловозных дизелей типа ЧН26/26 при работе на топливе с содержанием серы до 0,5%.

Таблица 2.12. Характеристики масел группы Г₂ для судовых и тепловозных дизелей

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-10Г ₂ ЦС	М-14Г ₂ ЦС	М-16Г ₂ ЦС	М-14Г ₂	М-14ГБ*	М-20Г ₂
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	10,0—11,0	13,5—15,0	15,5—17,0	13,5—14,5	13,5—14,5	≥20,0
Индекс вязкости не менее	92	92	92	90	90	85
Щелочное число, мг КОН/г	≥9,0	≥9,0	≥9,0	≥7,0	5,9—6,6	≥9,0
Зольность сульфатная, %	≤1,5	≤1,5	≤1,5	≤1,3	1,60—1,75	≤1,9
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	50	50	50	50	50	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ²	Отсутствие					
Мощный потенциал при 250 °С, %	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]
Вымываемость присадок водой: снижение, %, не более:						
щелочного числа	10	10	10	—	—	—
зольности	10	10	10	—	—	—
Эмульгируемость с водой, см ³ , не более	0,3	0,5	0,5	—	—	—
Смазывающие свойства:						
Н ₂ , не менее	34	34	[*]	[*]	37	[*]
Р _к	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]
D _н при нагрузке 196 Н, мм	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]
Содержание активных элементов, %, не менее:						
кальция	0,280	0,280	0,280	0,230	—	0,360
цинка	0,045	0,045	0,045	0,045	0,050	0,050
фосфора	0,040	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	210	215	220	220	220	235
застывания, не выше	—10	—10	—10	—12	—10	—15
Степень чистоты, мг/100 г, не более	600	600	600	600	100	400
Содержание, %, не более:						
механических примесей	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
воды	Следы					
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	[*]	[*]
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	910	910	910	[*]	910	905

* Для масла М-14ГБ нормировано: содержание бария >0,850% и натрия <0,0025%, температура плавления воды не ниже 810 °С.

Таблица 2.13. Характеристики масел группы Г₂ для автотракторных дизелей

Показатель	М-8Г ₂	М-10Г ₂	М-8Г ₂ К*	М-10Г ₂ К*
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	8,0±0,5	11,0±0,5	8,0±0,5	11,0±0,5
Индекс вязкости, не менее	85	85	90/95	85/95
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	6,0	6,0	6,0	6,0
Зольность сульфатная, %, не более	1,65	1,65	1,15	1,15
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	0,5	0,5
Термоокислительная стабильность при 250 °С, не менее	60	90	60/65	60/65
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	35	40	35	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ² , не более	20	20	Отсутствие	
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	0,15	0,15	0,19	0,19
цинка	0,06	0,06	0,05	0,05
бария	0,45	0,45	—	—
фосфора	0,06	0,06	0,05	0,05
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	205	200/210	205/220
застывания, не выше	—25	—15	—30	—15/—18
Степень чистоты, мг/100 г, не более	500	500	500/450	500/450
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,015	0,015	0,015	0,015
воды	Следы			
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0	4,0/3,0	4,0/3,0
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	905	905	905	905/900

* В числителе — показатели для масла первой категории качества, в знаменателе — высшей.

Масло М-14ГБ (ГОСТ 12337—84) готовят смешением дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, с композицией бариевых присадок. Используют в судовых дизелях типа ЧН30/38.

Масло М-20Г₂ (ГОСТ 12337—84) готовят смешением остаточного базового масла с композицией присадок. Предназначено для смазывания судовых дизелей типа ДН23/2×30.

Масла М-8Г₂ и М-10Г₂ (ГОСТ 8581—78) готовят смешением дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сер-

нистых нефтей, с композицией присадок. Предназначены для смазывания автотракторных дизелей типа Д-240, СМД-60, СМД-62, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-238НБ и др. соответственно при их эксплуатации зимой и летом. Масло М-10Г₂ используют также в дизелях типа 4Ч8,5/11, 6Ч12/14, 6ЧН12/14 и др.

Масла М-8Г₂к и М-10Г₂к (ГОСТ 8581—78) готовят аналогично маслам М-8Г₂ и М-10Г₂, но с другими, более эффективными присадками. Масла М-8Г₂к и М-10Г₂к используют соответственно для эксплуатации зимой и летом двигателей автомобилей КамАЗ, «Магirus-Дойц», автобусов «Икарус», а также во всех автотракторных дизелях, для которых применимы масла М-8Г₂ и М-10Г₂.

Масла группы Д (табл. 2.14 и 2.15)

Масла группы Д вырабатывают из сернистых нефтей. В составе масел используют эффективные присадки в высоких концентрациях для достижения уровня эксплуатационных свойств, обеспечивающего длительную работоспособность наиболее форсированных двигателей в особо тяжелых эксплуатационных условиях, в частности при применении топлив с повышенным содержанием серы.

Масла М-10ДЦЛ20, М-14ДЦЛ20 и М-14ДЦЛ30 (ГОСТ 12337—84) состоят из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиций

Таблица 2.14. Характеристики масел группы Д для автотракторных дизелей

Показатель	М-8ДМ	М-10ДМ	Показатель	М-8ДМ	М-10ДМ
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	8,0—8,5	≥11,0	Содержание активных элементов, %, не менее:		
Индекс вязкости, не менее	102	90	кальция	—	0,15
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	8,5	8,2	цинка	—	0,04
Зольность сульфатная, %, не более	1,5	1,5	Температура, °С:		
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	0,5	—	вспышки в открытом тигле, не ниже	195	210
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	35	60	застывания, не выше	—30	—15
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ²	Отсутствие		Содержание, %, не более:		
			механических примесей	0,02	0,025
			воды	Следы	
			Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	3,5	3,5
			Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	890	905

Таблица 2.15. Характеристики масел группы Д для судовых дизелей
[*] — Показатель не нормируется. Определенные обязательно

Показатель	М-16ДР	М-10ДЦЛ20	М-14ДЦЛ20	М-14ДЦЛ30
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	15,5—16,5	10,0—11,0	13,5—15,0	13,5—15,0
Индекс вязкости, не менее	90	92	92	92
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	10,0	18,0	18,0	27,0
Зольность сульфатная, %, не более	1,85	3,0	3,0	4,6
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин	[*]	—	—	—
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	50	50	50	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ²	Отсутствие			
Моющий потенциал при 250 °С, %	[*]	[*]	[*]	[*]
Вымываемость присадок водой, снижение, %, не более:				
щелочного числа	[*]	15	15	15
зольности	[*]	18	18	18
Эмульгируемость с водой, см ³	[*]	1,0	1,0	1,0
Смазывающие свойства:				
И ₂	[*]	[*]	≥34	[*]
Р _к	[*]	[*]	[*]	[*]
Д _и при нагрузке 196 Н, мм	[*]	[*]	[*]	[*]
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	0,40	0,650	0,650	1,0
цинка	0,09	0,045	0,045	0,045
фосфора	0,08	0,040	0,040	0,040
Температура, °С:				
вспышка в открытом тигле, не ниже	225	215	220	210
застывания, не выше	—10	—10	—10	—10
Степень чистоты, мг/100 г	≤300	[*]	[*]	[*]
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,02	0,03	0,03	0,05
воды	Следы			
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	[*]	4,5	5,0	[*]
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	[*]	910	910	[*]

Таблица 2.16. Характеристики масел группы Е*

[*] — Показатель не нормируется. Определен обязательно

Показатель	М-16Е30	М-16Е60	М-20Е60
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	15,0—17,0	15,0—17,0	18,0—22,0
Индекс вязкости, не менее	90	90	85
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	30	60	60
Зольность сульфатная, %, не более	5	10	10
Коксуемость на плите, баллы, не более	2,5	2,5	2,5
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	50	50	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м ² , не более	Отсутствие		
Смазывающие свойства:			
И ₂ , не менее	40	40	[*]
P _к	[*]	[*]	[*]
D _н при нагрузке 196 Н, мм	[*]	[*]	[*]
Содержание кальция, %, не менее	1,7	3,4	3,4
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	205	205	205
застывания, не выше	—12	—12	—12
Содержание, %, не более:			
примесей	0,03	0,03	0,03
воды	0,06	0,06	0,06

* С 1989 г. начато производство масла М-20Е70, заменяющего масла М-16Е60 и М-20Е60.

присадок. Используют для смазывания тронковых судовых дизелей с циркуляционной или комбинированной смазочной системой. Масла М-10ДЦЛ20 и М-14ДЦЛ20 используют при работе на тяжелых топливах с содержанием серы до 2,5—3,0%, масло М-14ДЦЛ30 — при большем содержании серы. Масла обладают хорошей влагостойкостью и малой эмульгируемостью с водой.

Масло М-16ДР (ТУ 38 401642—87) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, и композиции присадок, придающих маслу работоспособность в течение длительного времени. Предназначено для смазывания судовых дизелей типа ЧН26/26, ДН23/30 и ЧН30/38 при их эксплуатации на дистиллятном дизельном топливе с содержанием серы до 0,5%. Заменяет в указанных дизелях масла М-14В₂ и М-14ГБ.

Масло М-8ДМ (ТУ 101962—85) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции присадок. Предназначено для эксплуатации зимой автотракторных дизелей с наддувом, имеющих высокую степень форсирования и работающих в тяжелых условиях.

Масло М-10ДМ (ТУ 38 101783—80) состоит из смеси дистил-

лятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, и композиции присадок. Предназначено для эксплуатации летом автотракторных дизелей с наддувом, имеющих высокую степень форсирования (большегрузные карьерные самосвалы, промышленные тракторы большой мощности). Может использоваться в двигателях импортных бульдозеров, автопогрузчиков, трубоукладчиков.

Масла группы Е (табл. 2.16)

Масла группы Е получают с использованием базовых масел из сернистых нефтей. Свойства масел группы Е специфичны. Они отличаются высокой нейтрализующей способностью, прочностью масляной пленки при высоких температурах, хорошей растекаемостью на горячих металлических поверхностях, высокими противозносными свойствами.

Масла М-16Е30, М-16Е60 и М-20Е60 (ГОСТ 12337—84) состоят из базового масла М-16 компаундированного или М-20 остаточного и композиций присадок. Масла М-16Е60 и М-20Е60 различаются только вязкостью базовых масел. Масла М-16Е30 и М-16Е60 предназначены для лубрикаторного смазывания цилиндров главных судовых дизелей крейскопфного типа малой степени форсирования при их эксплуатации на дистиллятных и тяжелых топливах с содержанием серы до 2,0 и до 3,5% соответственно; масло М-20Е60 — для тех же дизелей повышенной и высокой степени форсирования при их эксплуатации преимущественно на тяжелых топливах с содержанием серы до 3,5%.

МАСЛА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В зависимости от вида техники авиационные масла условно делят по применению на масла для поршневых, турбовинтовых и турбореактивных двигателей и для вертолетов. В авиации имеется два типа газотурбинных двигателей — турбореактивные и турбовинтовые. В турбореактивных двигателях используют маловязкие масла, в турбовинтовых — более вязкие, что обусловлено применением в этих двигателях редуктора воздушного винта, для которого требуются масла с лучшими смазывающими свойствами.

Масла для поршневых двигателей

В поршневых двигателях масла работают в тяжелых условиях, создаваемых высокими температурами в зоне поршневых колец, внутренней части поршней, клапанов и других деталей. Для обеспечения смазки двигателя в условиях высоких температур, давлений и нагрузок применяют высоковязкие масла, подвергнутые специальной очистке. Такие масла должны иметь высокую смазочную способность, не быть агрессивными к ме-

Таблица 2.17. Характеристики масел для поршневых двигателей

Показатель	МС-14 первой кате- гории ка- чества	МС-20 высшей кате- гории ка- чества
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с, не менее	14,0	20,5
Индекс вязкости, не менее	85	85
Коксуемость, %, не более	0,45	0,27
Содержание селективных растворителей, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды	Отсутствие	
Температура, °С, не ниже:		
вспышки в открытом тигле	215	270
застывания	—30	—18
Термоокислительная стабильность по методу Палок при 250 °С, мин, не менее	20	18

таллам, сплавам и другим конструкционным материалам и обладать достаточной стабильностью к окислению при высоких температурах и в условиях хранения. Характеристики масел приведены в табл. 2.17.

Масло МС-14 (ГОСТ 21743—76) — масло селективной очистки вязкостью 14 мм²/с при 100 °С. Применяют в шарнирах винтов вертолетов и в качестве базового для некоторых моторных масел и смазок.

Масло МС-20 (ГОСТ 21743—76) — масло селективной очистки вязкостью 20 мм²/с при 100 °С. Применяют в шарнирах винтов вертолетов, в составе маслосмесей (с маслами МС-8, МС-8п) — СМ-4,5, СМ-9, СМ-11,5 для использования в масло-системах турбовинтовой авиации, а также в качестве базового для ряда моторных масел и смазок.

Масла для турбореактивных двигателей

Требования, которые предъявляют к смазочным маслам для турбореактивных двигателей, следующие:

надежное смазывание всех узлов трения и агрегатов двигателя с минимальными износами в пределах рабочих температур от —50 до 150 °С и выше;

пологая вязкостно-температурная кривая и хорошая прокачиваемость при низких температурах (пусковые свойства масла должны обеспечивать надежный запуск двигателя без подогрева до температур —50 °С);

однородный и стабильный фракционный состав, что обуславливает минимальную испаряемость летучих фракций и сохраняет вязкостные характеристики масла в течение всего времени

работы двигателя (целесообразно применять смазочные масла узкого фракционного состава);

высокие антиокислительные свойства и минимальное окисление в двигателе при рабочих температурах 150 °С и выше;

минимальная вспениваемость, высокая температура самовоспламенения (не ниже 220—240 °С);

неагрессивность по отношению к металлам, сплавам, резинам и покрытиям.

Минеральные масла (табл. 2.18)

Масло МС-8п (ОСТ 38 101163—78) — наиболее массовое масло на нефтяной основе с комплексом присадок. Предназначено для широкого применения в газотурбинных двигателях дозвуковых и сверхзвуковых самолетов с температурой масла на выходе из двигателя до 150 °С. Используют в составе масло-

Таблица 2.18. Характеристики минеральных масел для турбореактивных двигателей

Показатель	МС-8п	МС-8рк	МК-8п	МК-8
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 50 °С, не менее	8,0	8,0	8,3	8,3
при —40 °С, не более	4000	5000	6500	6500
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле, не ниже	150	150	135	140
застывания, не выше	—55	—55	—55	—55
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,15	0,04	0,04
Содержание водорастворимых кислот, щелочей, воды, механических примесей	Отсутствие			
Термоокислительная стабильность t, °С (время, ч):	150 (50)	150 (50)	175 (10)	120 (10)
показатели после окисления:				
v ₅₀ , мм ² /с, не более	10,0	11,0	—	—
v _{—40} , мм ² /с, не более	5500	6750	—	—
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,4	0,7	0,6	0,25
содержание осадка, %, не более	0,10	0,15	0,10	0,1
коррозия на пластинках, г/м ² , не более:				
сталь ШХ-15	Отсутствие	—	—	—
медь М-1 или М-2 и алюминевый сплав АК-4	Отсутствие	—	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	875	900	885	885

Примечание. Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5) °С масел:

МС-8п $P_k > 500$; $D_k < 0,5$.

МС-8рк $P_k > 500$; $D_k < 0,5$.

смесей с маслом авиационным МС-20 (в соотношении 25:75, 50:50 и 75:25) в турбовинтовых двигателях, а также для консервации маслосистем авиационных двигателей. Разработано взамен масел МК-8 и МК-8п и значительно превосходит их по ряду эксплуатационных показателей, в частности по низкотемпературной вязкости, термоокислительной стабильности, ресурсу работы.

Масло МС-8рк (ОСТ 38.01387—85) — рабоче-консервационное масло на базе масла МС-8п с добавлением ингибитора коррозии. Используют для тех же целей, что и масло МС-8п. Не уступает ему по эксплуатационным показателям и значительно превосходит по консервационным характеристикам. При консервации маслосистем авиационных двигателей период консервации составляет: для масла МК-8 — 3 мес, для масла МС-8п — 1 год, для масла МС-8рк — 4...8 лет (изучается возможность более длительного хранения техники на этом масле).

МК-8п, МК-8 (ГОСТ 6457—66) — масла на нефтяной основе, область применения аналогична маслам МС-8п и МС-8рк. В связи с истощением месторождений нефти, из которых вырабатывались указанные масла, а также их недостаточными эксплуатационными свойствами производство указанных масел резко сокращается.

Синтетические масла (табл. 2.19)

Масло ИПМ-10 (ОСТ 38 01294—83) — синтетическое углеводородное с комплексом антиокислительных и противоизносных присадок. Характеризуется высокой термоокислительной стабильностью, пологой кривой зависимости вязкости от температуры, хорошими низкотемпературными свойствами, низкой летучестью. Применяют на большом числе газотурбинных двигателей с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С, а также в авиационных турбохолодильниках в качестве унифицированного масла и в других агрегатах. Можно использовать для недлительной консервации. Предполагается расширение объема производства и областей применения.

Масло ВНИИНП-50-1-4ф (ГОСТ 13076—67) — синтетическое дизфирное с присадками, повышающими его противоизносные свойства и термоокислительную стабильность. Применяют в двигателях с температурой масла на выходе из двигателя до 175 °С в качестве резервного при применении основного масла ИПМ-10. Предполагается замена его маслом ВНИИНП-50-1-4у (ТУ 38 401286—80), обладающим значительно более высокой термоокислительной стабильностью.

Масло Б-3В (ТУ 38 101295—85) — синтетическое на основе сложных эфиров пентаэритрита и жирных кислот с комплексом присадок. Широко применяют в газотурбинных двигателях, ре-

дукторах вертолетов и другой технике с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С. Обладает высокими смазывающими свойствами, но имеет существенный недостаток: выпадение в осадок противозадирной присадки при низкой температуре эксплуатации в результате окисления с последующим растворением осадка в масле при температурах 70—90 °С. Планируется сокращение производства и полная замена маслом ЛЗ-240, обладающим более высокими эксплуатационными характеристиками.

Масло 36/1-КУА (ТУ 38 101384—78) — синтетическое на основе сложных эфиров с комплексом присадок; обладает высокими противозадирными свойствами. Используют в газотурбинных двигателях с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С. Область применения ограничена: в основном, как резервное при применении масла ИПМ-10, не рекомендуется для применения в новой и перспективной технике.

Масло ЛЗ-240 (ТУ 38 101000—00) — синтетическое на основе сложных эфиров пентаэритрита и жирных кислот с комплексом присадок. Масло разработано и в 1985 г. допущено к эксплуатации в установленном порядке взамен масла Б-3В для тех же областей применения. Организовано промышленное производство в 1987 г.

Масло ВТ-301 (ТУ 38 101657—85) — синтетическое на основе кремнийорганической жидкости с присадкой. Характеризуется максимальной среди масел термоокислительной стабильностью, низкой летучестью, хорошими низкотемпературными свойствами. Можно использовать в газотурбинных двигателях с температурой масла на выходе из двигателя до 250—280 °С. В связи с высокой стоимостью применяют ограниченно.

Масла для турбовинтовых двигателей

Требования, предъявляемые к маслам для турбовинтовых двигателей, следующие:

пологая вязкостно-температурная кривая и хорошая прокачиваемость при низких температурах;

высокие противоизносные и противозадирные свойства;

устойчивость к окислению в условиях высоких температур и контакта с воздухом и различными авиационными материалами;

неагрессивность по отношению к металлам, сплавам, резинам и покрытиям;

минимальная вспениваемость и испаряемость.

В турбовинтовых двигателях применяют масла на нефтяной основе, и до настоящего времени основным смазочным материалом являются маслосмеси, получаемые смешением на местах

Таблица 2.19. Характеристики синтетических масел для турбореактивных двигателей

Показатель	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-чф	Б-3В	36/1-КУА	ЛЗ-240	ВТ-301
Внешний вид жидкости	Светлая прозрачная					
Вязкость кинематическая, мм ² /с:	Прозрачная от свет- ло-желтого до ко- ричневого цвета					
100 °С, не менее	3,0	3,2	5,0	4,8	4,8	8,5
—30 °С, не более	—	—	3500	—	—	—
—40 °С, не более	2000	2000	12 500	12 500	12 500	800
—54 °С, не более	—	11 000	—	—	—	2500
Температура, °С:	Прозрачная от свет- ло-желтого до ко- ричневого цвета					
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	204	235	195	235	260
застывания, не выше	—50	—60	—60	—60	—58	—60
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,05	≤0,20	4,4—5,5	3,2—4,2	≤0,5	≤0,2
Содержание: водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей	Отсутствие					
Воды	Отсутствие					
Однородная лег- коподвижная про- зрачная от тем- но-желтого до тем- но-коричневого цвета	Отсутствие					

Содержание железа, %	—	—	—	—	—	0,017—0,025
Термоокислительная обильность t, °С (время, ч):	200 (50)	175 (72)	200 (10)	200 (10)	200 (50)	250 (50)
показатели после окисле- ния:	Отсутствие					
ν ₁₀₀ , мм ² /с, не более	4,5	—	6,0	—	6,0	10
ν _{—40} , мм ² /с, не более	5000	—	20 000	—	20 000	—
изменение вязкости при 100 °С, не более	—	7	—	—	—	—
кислотное число, мг КОН/г	≤8,0	≤2	0,7—2,0	≤7,0	≤1,5	≤0,3
осадок, нерастворимый в изооктане, %, не более	0,35	—	0,11	0,30	0,10	0,12
коррозии на пластинках, г/м ² :	Отсутствие					
сталь 30ХГСА	Отсутствие	±0,2	—	—	Отсутствие	±2
медь М-1 и М-2	0,2	±0,4	—	—	Отсутствие	—
алюминиевый сплав АК-4	Отсутствие	±2	—	—	Отсутствие	—
магнийевый сплав МП5	—	±0,2	—	—	—	—
серебро	—	±0,2	—	—	—	—
Коксуемость, %, не более	—	—	0,45	—	0,45	—
Смазывающие свойства на цшм при (20±5) °С: Р _н , Н, не менее	710	840	890	790	890	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³	≥820	≤926	990—997	980—997	980—1020	1090—1110

потребления авиационных масел МС-20 и МС-8п в соотношениях:

Авиамасло 7525 — 75% МС-8п и 25% МС-20
Авиамасло 2575 — 25% МС-8п и 75% МС-20
Авиамасло 5050 — 50% МС-8п и 50% МС-20

Допускается применение масла МС-8рк. За счет применения в маслосмесях высококачественного масла с комплексом высокоэффективных присадок МС-8п качество маслосмесей значительно повысилось. Маслосмеси готовят и их качество контролируют по ведомственной инструкции МГА («Инструкция по применению и контролю качества авиационных горюче-смазочных материалов и специальных жидкостей в гражданской авиации». М.: Воздушный транспорт, 1983 г.); нормально-техническая документация на маслосмеси отсутствует.

Масло МН-7,5у (ТУ 38 101722—85) — унифицированный сорт масла на нефтяной основе с комплексом присадок, разработано взамен маслосмесей, масел МН-7,5 и ВНИИНП-7. Можно применять в турбовинтовых двигателях всех типов при температуре масла на выходе из двигателя до 150 °С.

Таблица 2.20. Характеристика масла МН-7,5у

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Плотность при 20 °С, кг/м³	≤900	Термоокислительная стабильность (175 °С, 50 ч, расход воздуха 10 дм³/ч), показатели после окисления:	
Вязкость кинематическая, мм²/с:		ν ₁₀₀ , мм²/с	≤10,0
при 100 °С	≥7,5	ν ₃₅ , мм²/с	≤11 500
при —35 °С	≤7500	осадок, нерастворимый в изооктане, %	≤0,15
Стабильность вязкости после озвучивания на ультразвуковой установке в течение 15 мин, %	≤11,0	кислотное число, мг КОН/г	≤0,75
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,1	коррозия на пластинках, г/м²:	
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды	Отсутствие	из стали ШХ-15	Отсутствие
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле	≥150	из алюминия АК-4	≤±0,2
застывания	≤—53	из меди М-1 или М-2	±0,5
Коксуемость, %	≤0,1	Степень чистоты: число фильтрований	≤1
Испаряемость (150 °С, 3 ч, расход воздуха 1,5 дм³/мин), %	≤7,0	содержание осадка, мг/100 г	≤60
Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5) °С		Цвет (без разбавления), ед. ЦНТ	≤1,5
R _к , Н	≥840		
D _и при осевой нагрузке 200 Н, мм	≤0,5		

Таблица 2.21. Характеристика масла ВНИИНП-25

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость кинематическая, мм²/с:		Содержание водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей, воды	Отсутствие
при 100 °С	≥10	Температура, °С: вспышки в открытом тигле	≥135
при —30 °С	≤13 500	застывания	≤—54
Зольность, %	≤0,005	Индекс вязкости	≥120
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,08	Цвет, ед. ЦНТ	≤1,5
Стабильность вязкости после озвучивания на ультразвуковой установке в течение 15 мин, %	≤4,5	Плотность при 20 °С, кг/м³	≤870
Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5) °С:		Коррозия на пластинках:	
R _к	≥500	из стали 18ХНВД	Отсутствие
D _и при осевой нагрузке 196 Н, мм	≤0,7	из стали 45	Отсутствие
		из латуни ЛС 59-1	Отсутствие

Производство масел ВНИИНП-7 и МН-7,5 прекращено, и по мере роста производства масла МН-7,5у применение маслосмесей будет сокращаться.

Характеристика масла МН-7,5у приведена в табл. 2.20.

Масла для вертолетов

В вертолетах маслами смазывают двигатели, редукторы и шарниры винтов. В зависимости от типа двигателя применяют нефтяное (минеральное) масло МС-20 или синтетические масла Б-3В, ЛЗ-240. В редукторах вертолетов, кроме перечисленных, применяют гипоидное масло по ОСТ 38 01260—82 или его смесь с жидкостью АМГ-10 (технических условий на смесь нет). В шарнирах несущих и рулевых винтов применяют масла МС-20, МС-14, гипоидное масло и его смесь с жидкостью АМГ-10, а также масло ВНИИНП-25.

Масло ВНИИНП-25 шарнирное (ГОСТ 11122—84) представляет собой нефтяное низкозастывающее масло (зимний сорт), загущенное высоковязким компонентом и содержащее антиокислительную присадку. Характеристика масла приведена в табл. 2.21.

Перспективные авиационные масла

Развитие авиационной техники, форсирование режимов работы двигателей привело к ужесточению условий эксплуатации смазочных материалов. В ряде случаев масла на нефтяной основе и традиционные методы улучшения этих масел не позволяют

Таблица 2.22. Плотность масел (кг/м³) при различных температурах (ГОСТ 3900—85)*

t, °C	МС-8П	МС-8рк	МН-7,5у	ЛЗ-240	Б-3В	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВТ-301**
—40	905,4	909,0	913,2	1047,2	1042,3	865,2	968,1	1165,5
—30	898,7	901,5	906,9	1039,6	1034,6	858,6	960,8	1155,4
—20	892,0	895,0	900,6	1032,0	1026,8	852,1	953,5	1145,4
—10	885,3	888,5	894,3	1024,5	1019,1	845,5	946,2	1135,4
0	878,6	881,5	888,0	1016,9	1011,3	839,0	938,9	1125,3
10	871,9	875,0	881,7	1009,3	1003,5	832,4	931,6	1115,3
20	865,2	868,5	875,4	1001,7	995,8	825,8	924,3	1105,3
30	858,5	862,0	869,1	994,2	988,0	819,2	917,0	1095,3
40	851,8	855,0	862,7	986,6	980,3	812,6	909,7	1085,2
50	845,1	849,0	856,4	979,0	972,5	806,0	902,5	1075,2
60	838,4	842,0	850,1	970,4	964,7	799,3	895,2	1065,2
70	831,7	836,0	843,8	963,8	957,0	792,7	887,9	1055,2
80	825,0	830,0	837,5	956,2	949,2	786,1	880,7	1045,2
90	818,3	823,5	831,2	948,6	941,5	779,5	873,4	1035,2
100	811,6	817,0	824,9	941,0	933,7	772,9	866,2	1025,2
110	804,9	810,0	818,6	933,4	925,9	766,3	858,9	1015,1
120	798,1	804,0	812,3	925,8	918,2	759,7	851,6	1005,1
130	791,4	797,5	806,0	918,2	910,4	753,1	844,4	995,1
140	784,7	791,5	799,6	910,6	902,7	746,4	837,1	985,1
150	778,0	785,0	793,3	903,0	894,9	739,8	829,8	975,1
160	—	—	787,0	895,4	887,1	733,2	822,6	965,1
170	—	—	780,4	887,8	879,4	726,6	815,3	955,0
180	—	—	774,4	880,2	871,6	720,0	808,0	945,0
190	—	—	—	872,5	—	713,4	—	935,0
200	—	—	—	864,9	—	706,8	—	925,0

* Данные получены в отраслевой теплофизической лаборатории Миннефтехимпрома СССР при Грозненском нефтяном институте.

** В интервале 210—220 °C плотность равна: $\rho_{210}=915$ кг/м³, $\rho_{220}=905$ кг/м³, $\rho_{230}=895$ кг/м³, $\rho_{240}=884,9$ кг/м³, $\rho_{250}=844,9$ кг/м³.

достичь необходимого уровня качества, особенно по таким показателям, как термоокислительная стабильность, низкотемпературные свойства, температура вспышки. Начиная с 60-х годов, было организовано производство синтетических авиационных масел Б-3В, 36/1, а позднее В-50-1-4ф и ИПМ-10, ВТ-301. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с нефтяными маслами: высокой термоокислительной стабильностью, отличными низкотемпературными свойствами. И хотя доля синтетических масел в общем объеме производства авиационных масел постоянно растет, до настоящего времени минеральные масла с присадками являются преобладающим видом смазочного материала в авиации и в большинстве случаев позволяют эффективно эксплуатировать современную технику.

Разработанное и широко используемое в эксплуатации масло на минеральной основе МС-8п не только заменило остродефицитные масла, получаемые из нефтей бакинских месторождений, —

МК-8 и МК-8п, но и позволило в несколько раз увеличить ресурс работы масла в авиационных двигателях. В 1985 г. допущены к эксплуатации и организовано производство высокоэффективных масел на минеральной основе МС-8рк и МН-7,5у. Масло МС-8рк при применении его для длительной консервации маслосистем двигателей значительно эффективнее масла МК-8, а применение унифицированного масла для всех турбовинтовых двигателей взамен ранее применявшихся маслосмесей позволяет осуществлять запуск двигателей при низких температурах без предварительного подогрева. Наряду с организацией в последние годы производства более эффективных масел устаревшие малоэффективные масла (МС-6, МС-8, МК-22, МС-20С, МН-7,5) сняты с производства или их производство сокращается (МС-14, маслосмеси, МК-8, МК-8п).

В авиационных, преимущественно турбореактивных двигателях широко применяют синтетические авиационные масла и планируется значительное увеличение производства масел ИПМ-10,

Таблица 2.23. Кинематическая вязкость масел (мм²/с) при различных температурах (ГОСТ 33—82)

t, °C	МС-8п	МС-8рк	МН-7,5у	ЛЗ-240	Б-3В	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВТ-301*
—40	2810	4280	11 305	11 450	—	1405	1810	668
—35	1577	2130	6160	5750	—	886	1038	473
—30	894	1200	3550	3103	2970	571	581	348
—20	325	390	1251	1031	1200	255	242	200
—10	141	178	533	414	420	123	117	126
0	70,8	86,8	252	194	200	66,1	63,3	84,5
10	39,3	47,2	137	101	107	39,2	37,8	59,7
20	23,9	27,4	81,1	58,7	61,7	24,7	23,8	43,5
30	15,9	18,0	51,7	36,4	38,9	16,8	16,3	33,3
40	11,1	12,4	34,9	24,3	25,6	12,1	11,8	26,1
50	8,1	9,0	25,4	17,0	17,8	9,0	8,5	20,9
60	6,1	6,7	18,6	12,6	12,9	6,9	6,9	17,1
70	4,9	5,3	14,0	9,4	9,8	5,5	5,5	14,2
80	3,9	4,2	11,3	7,4	7,6	4,5	4,5	11,9
90	3,2	3,4	9,2	6,0	6,1	3,7	3,8	10,1
100	2,7	3,0	7,8	5,0	5,0	3,5	3,2	8,7
110	2,3	2,6	6,5	4,0	4,1	2,8	2,8	7,6
120	2,1	2,2	5,5	3,4	3,5	2,4	2,5	6,6
130	1,8	1,9	4,7	2,9	3,0	2,1	2,2	5,9
140	1,6	1,7	4,1	2,5	2,6	1,9	1,9	5,2
150	1,4	1,5	3,6	2,2	2,3	1,7	1,7	4,6
160	—	—	3,1	1,9	2,0	1,5	1,5	4,1
170	—	—	2,9	1,7	1,8	1,4	1,4	3,7
180	—	—	2,6	1,6	1,6	1,3	1,3	3,3
190	—	—	—	1,4	—	1,2	—	3,0
200	—	—	—	1,3	—	1,1	—	2,8

* В интервале 210—240 °C вязкость равна: $\nu_{210}=2,6$ мм²/с, $\nu_{220}=2,3$ мм²/с, $\nu_{230}=2,2$ мм²/с, $\nu_{240}=2,0$ мм²/с.

Таблица 2.24. Смазывающие свойства авиационных масел (ГОСТ 9490—75)

Марка масла	P_K , Н	D^* , мм	Марка масла	P_K , Н	D^* , мм
ИПМ-10	710	0,35	МС-8п	500	0,50
36/1КУ-А	790	0,50	МС-8рк	500	0,50
ВНИИНП-50-1-4ф	840	0,40	Б-3В	890	0,45
ВТ-301	900	1,10	ЛЗ-240	890	0,50
			МН-7,5у	840	0,50
			ВНИИНП-25	500	0,70

* При осевой нагрузке 196 Н при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

ЛЗ-240 (взамен Б-3В, производство которого будет сокращаться), ВНИИНП-50-1-4у (взамен ВНИИНП-50-1-4ф). Сняты с производства масла ВНИИНП-7,36/1, планируется сокращение производства масла 36/1КУ-А.

Дополнительные технические характеристики масел

При подборе масла для конкретных изделий авиационной техники помимо приведенных основных характеристик, как правило, требуются данные по вспениваемости и совместимости с другими материалами (резинами, покрытиями), по коррозионному воздействию на различные металлы и сплавы, токсико-

Таблица 2.25. Совместимость масел для авиационных газотурбинных двигателей

с — масла совместимы, при замене масла промывка маслосистемы заменяемым маслом не требуется; эксплуатация на смеси масел должна производиться со сроком смены худшего компонента (до пераой замены).

с* — масла смешиваются, но эксплуатационные свойства смеси хуже свойств каждого из смешиваемых масел; при замене требуется однократная промывка маслосистемы заменяемым маслом.

н — масла несовместимы, при замене масла требуется двукратная промывка маслосистемы заменяемым маслом.

Прочерк означает, что смеси не исследовались.

Марка масла	МС-8п	МС-8рк	ЛЗ-240	Б-3В	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВТ-301
МС-8п		с	—	—	с	с	—
МС-8рк	с		—	—	с	с	—
ЛЗ-240	—	—		с	с	—	—
Б-3В	—	—	с		с*	—	—
ИПМ-10	с	с	с	с*		с	и
ВНИИНП-50-1-4ф	с	с	—	—	с		—
ВТ-301	—	—	—	—	и	—	

Примечание. Минеральное масло МН-7,5у совместимо с маслосмесями.

логические, теплофизические, электрические характеристики, зарубежные аналоги и др. В табл. 2.22—2.25 приведены дополнительные данные по авиационным маслам различных типов.

Глава 3

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА И РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Нефтяные и синтетические трансмиссионные масла предназначены для применения в узлах трения агрегатов трансмиссий автомобилей, тракторов, тепловозов, дорожно-строительных и других машин, а также в различных зубчатых редукторах и червячных передачах промышленного оборудования.

Общие требования и свойства

Совершенствование конструкций узлов и агрегатов трансмиссий современной мобильной техники неизменно ведет к возрастанию скоростей вращения шестерен и относительного скольжения трущихся поверхностей зубьев, увеличению удельных нагрузок в зоне контакта и повышению рабочих температур масла. Это, в свою очередь, ужесточает требования к качеству смазочных материалов для трансмиссий и редукторов.

В агрегатах трансмиссий смазочное масло является неотъемлемым элементом конструкции. Способность смазочного масла выполнять и длительно сохранять функции конструкционного материала определяется его эксплуатационными свойствами. Трансмиссионные масла эксплуатируются в широком диапазоне температур. Пусковые свойства и длительная работоспособность их должны обеспечиваться в интервале температур от минус 60°C — температуры холодного пуска в районах Крайнего Севера — до $120\text{—}130^\circ\text{C}$ (а в некоторых случаях и до 150°C) — рабочей температуры в объеме масла. При этом фактическая температура масла в зоне контакта зубьев шестерен может быть на $150\text{—}250^\circ\text{C}$ выше температуры масла в объеме.

Трансмиссионные масла в зависимости от условий работы узла трения (скоростей вращения и удельных нагрузок) характеризуются тремя основными областями смазочного действия:

область практически полного отсутствия износа, когда смазывание осуществляется толстым масляным слоем;

область износа в результате истирания, которое происходит при возрастании удельных нагрузок в условиях низких скоростей и высоком крутящем моменте;

область задира, вызываемого непосредственным контактом металла с металлом, что приводит к резкому повышению температуры, вследствие чего «размягчается» поверхность металла.

Трансмиссионные масла должны удовлетворять следующим требованиям:

- снижать износ трущихся пар,
- снижать потери энергии на преодоление трения,
- отводить тепло от трущихся поверхностей,
- защищать металлические поверхности от коррозии,
- понижать шум и вибрацию шестерен и смягчать в них ударные нагрузки,

удалять из зоны трения продукты износа и другие примеси, не быть токсичными.

Эти требования как основные принимают при разработке трансмиссионных и редукторных масел.

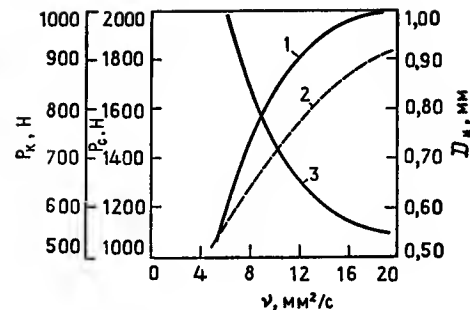
Смазывающая способность. Главной функцией трансмиссионных масел является снижение трения и износа. Это свойство, называемое смазывающей способностью, обеспечивается в режимах *гидродинамического трения* вязкостью базового масла (толщиной масляной пленки) или с помощью модификаторов трения. Последние, накапливаясь на металлических поверхностях трущихся пар за счет адсорбции, упрочняют масляную пленку. При режимах *граничного трения*, возникающего в трансмиссиях под воздействием высоких температур и давлений, защита от износа возможна за счет активных элементов противоизносных и противозадирных присадок путем их химического взаимодействия с металлом трущейся поверхности. При этом образуются «иные продукты» (сульфиды, фосфаты и оксиды металла), обладающие пластичной структурой и относительно низким коэффициентом трения.

Влияние вязкости базового масла на смазывающие свойства представлено зависимостями на рис. 46. По мере возрастания вязкости масла возрастают критическая нагрузка и нагрузка сваривания, соответственно снижается диаметр пятна износа. Как видно из рисунка (кривая 1), маловязкие масла вязкостью $4-6 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ при 100°C , не защищенные противозадирными и противоизносными присадками, уже при нагрузках 1000—1400 Н не могут сохранять необходимый уровень смазывающих свойств и устранять сваривание шаров на ЧШМ.

Вязкостно-температурные свойства. Вторая важная функция трансмиссионного масла — снижение потерь энергии на преодоление трения. Она также непосредственно связана с вязкостью масла, но в обратной зависимости: чем меньше вязкость, тем больше к. п. д. трансмиссии. Общие потери энергии в трансмиссии значительны. Если 25% так называемой полезной мощности автомобиля поступает от двигателя к трансмиссии без учета потерь, то в общей системе агрегатов трансмиссии за счет собст-

Рис. 46. Зависимость смазывающих свойств масла от кинематической вязкости ν при 100°C :

1 — критическая нагрузка P_K ; 2 — нагрузка сваривания P_C ; 3 — диаметр пятна износа D_n



венных потерь (в коробке передач, ведущем мосту и др.) эта мощность, передаваемая колесам для непосредственного пере-

движения автомобиля, снижается уже до 12%. Отсюда постоянное стремление конструкторов и эксплуатационников к созданию масла минимальной вязкости как для двигателя, так и для трансмиссий автомобилей. В связи с этим к маслу при его подборе предъявляют противоречивые требования. Для обеспечения холодного пуска трансмиссии при возможно низких температурах и минимуме потерь энергии на преодоление трения в передачах вязкость масла должна быть минимальной, а для обеспечения высокой несущей способности масляной пленки и для снижения утечек через уплотнения и герметизирующие устройства — максимальной.

По мере совершенствования конструкций коробок передач, ведущих мостов, повышения интенсивности их работы доминирующим режимом работы узлов становится граничное трение,

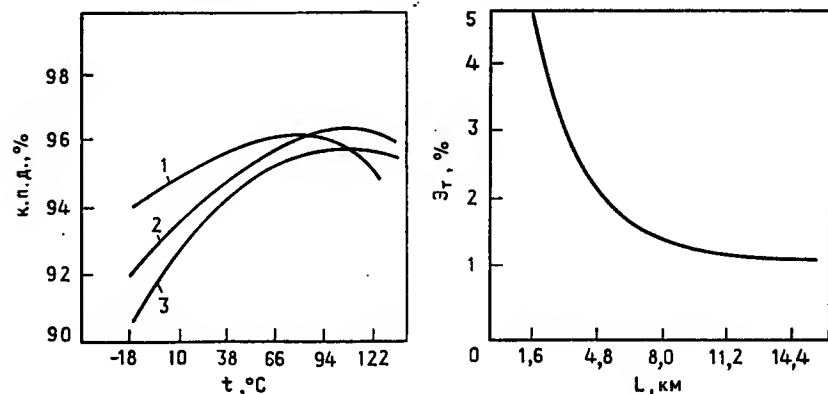


Рис. 47. Зависимость к. п. д. трансмиссии от температуры масла t при скорости вращения 2000 об/мин и крутящем моменте 89 Н·м:

1 — SAE75W; 2 — SAE80W; 3 — SAE80W/90

Рис. 48. Экономия топлива \mathcal{E}_t в период разогрева автомобиля за счет применения трансмиссионного масла меньшей вязкости в зависимости от пробега автомобиля L

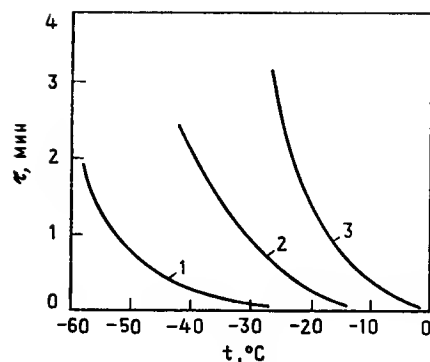


Рис. 49. Зависимость времени достижения маслом канавки подшипника τ от температуры t :
1 — масло ТМ5-9А; 2 — ТМ5-12В; 3 — ТАД-17И

при котором вязкость масла теряет первостепенное значение.

Улучшение конструкции и материалов уплотнений также позволяет использовать маловязкие масла. Снижение вязкости трансмиссионных масел

способствует решению проблемы их низкотемпературной текучести. При сочетании хороших низкотемпературных свойств и сравнительно низкой вязкости трансмиссионного масла достигается заметная экономия топлива, особенно в период пуска и разогрева автомобиля. По данным Ли Шимана (фирма «Lubrizol», США), правильно выбранные масла с пониженной вязкостью обеспечивают нормальную работоспособность при низких температурах и дают значительную экономию топлива (рис. 47 и 48). Следует обращать особое внимание на низкотемпературную текучесть масла, обеспечивающую попадание его в масляные каналы подшипников коробки передач и ведущих мостов (рис. 49).

Классификация трансмиссионных масел и система обозначений

Многообразие требований к трансмиссионным маслам в зависимости от областей применения и обилие марок приводят к необходимости обобщения различных спецификаций и создания единой классификационной системы обозначения этих масел. В настоящее время за рубежом действует несколько классификаций трансмиссионных масел. Наиболее известные из них — SAE и API. В СССР для разделения по классам вязкости и эксплуатационным группам, а также для установления стандартных обозначений минеральных трансмиссионных масел принят ГОСТ 17479.2—85. С помощью буквенных и цифровых знаков определяют соответствующую принадлежность масла к классу и группе вязкости. В зависимости от уровня вязкости трансмиссионные масла разделяют на четыре класса:

Класс вязкости	$\nu_{100}, \text{мм}^2/\text{с}$	t , при котором $\eta < 150 \text{ Па}\cdot\text{с}$, $^\circ\text{C}$, не выше
9	6,00—10,99	—45
12	11,00—13,99	—35
18	14,00—24,99	—18
34	25,00—41,00	—

В соответствии с классом вязкости ограничены допустимые пределы кинематической вязкости при 100°C и отрицательная температура, при которой еще обеспечивается надежная работа трансмиссий (зубчатых зацеплений в механических коробках передач, раздаточных коробках, ведущих мостах и других агрегатах), так как динамическая вязкость при этой температуре не превышает $150 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

В зависимости от эксплуатационных свойств и возможных областей применения масла для трансмиссий автомобилей, тракторов и другой мобильной техники отнесены к 5 группам, указанным в табл. 3.1.

ГОСТ 17479.2—85 предусматривает также буквенную аббревиатуру ТМ (трансмиссионное масло) и З — загущенное. Например, масло ТМ5-9, означает: трансмиссионное масло пятой эксплуатационной группы (т. е. с высокоэффективными противозадирной и противоизносной присадками или эффективной многофункциональной композицией присадок), девятого класса вязкости, содержащее вязкостную (загущающую) присадку.

Соотнесение продуктов действующего ассортимента трансмиссионных масел, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями по разным нормативно-техническим документам, приведено в приложении I к ГОСТ 17479.2—85 (табл. 3.2). При определении взаимозаменяемости отечественных и зарубежных трансмиссионных масел следует учесть, что индексация марок зарубежных продуктов предусматривает цифровые обозначения, относящиеся, как правило, к той или иной вязкостной группе одной из известных зарубежных классификаций (см. Приложение).

Таблица 3.1. Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2—85

Группа масел	Наличие присадок	Область применения: контактные напряжения и температура масла в объеме
1	Без присадок	Прямозубые, конические и червячные передачи; до 1600 МПа и до 90°C
2	Противоизносные присадки	Прямозубые, спирально-конические и другие передачи; до 2100 МПа и до 120°C
3	Противозадирные присадки умеренной эффективности	То же, до 2500 МПа и до 150°C
4	Противозадирные высокоэффективные присадки	Различные трансмиссии, включая гипоидные; до 3000 МПа и до 150°C
5	Противозадирные и противоизносные высокоэффективные присадки и многофункциональные композиции присадок	Гипоидные передачи; $\geq 3000 \text{ МПа}$, включая ударные нагрузки, и до 150°C

Таблица 3.2. Обозначение трансмиссионных масел

Обозначение по ГОСТ 17479.2—85	Существующее обозначение	Нормативно-техническая документация
TM-1-18	TC-14,5	TU 38 101110—86
TM-1-18	AK-15	TU 38 001280—76
TM-2-9	ТСп-10ЭФО	TU 38 101701—77
TM-2-18	ТЭп-15	ГОСТ 23652—79
TM-2-34	TC	ОСТ 38 01260—82
TM-3-9 _а	ТСп-8	ОСТ 38 001365—84
TM-3-9	ТСп-10	ГОСТ 23632—79
TM-3-18	ТСп-15K	ГОСТ 23652—79
TM-3-18	ТАП-15B	ГОСТ 23652—79
TM-4-9 _а	ТС _а -9 гип	ОСТ 38 01158—78
TM-4-18	ТСп-14 гип	ГОСТ 23652—79
TM-4-34	ТСгип	ОСТ 38 01260—82
TM-5-12 _а	TM5-12рк	TU 38 101844—80
TM-5-18	ТАД-17H	ГОСТ 23656—79

Основные требования к физическим свойствам трансмиссионных масел за рубежом по существу сформулированы в двух действующих в настоящее время нормативных документах — классификации SAE J 306C и спецификации военного ведомства США MIL-L-2105C (табл. 3.3). По классификации SAE трансмиссионные масла делят на 7 классов вязкости, при этом первые 4 клас-

Таблица 3.3. Основные зарубежные спецификации на трансмиссионные масла

Показатель	SAE J 306C							MIL-L-2105C		
	Группа вязкости									
	70	75	80	85	90	140	250	75W	80W-90	85W-140
Вязкость при 100 °С, мм²/с:										
минимальная	4,1	4,1	7,0	11,0	13,5	24,0	41,0	4,1	13,5	24,0
максимальная	Нет требований				24,0	41,0	Нет требований	—	<24,0	<41,0
Максимальная температура для вязкости масла 150 Па·с, °С*	—55	—40	—26	—12	Нет требований			—40	—26	—12
Температура образования незатекающих канавок, °С	Нет требований							≤—45	≤—35	≤—20
Температура вспышки, °С	Нет требований							≤150	≤165	≤180

* Динамическую вязкость определяют по методу ASTM-D-2983 в ротационном вискозиметре Брукфилда при низких градиентах скорости сдвига.

са — загущенные масла (индекс W — для зимнего или всесезонного применения). Спецификации MIL-L-2105C также предусматривают преимущественно применение всесезонных масел трех вязкостных групп. Низкотемпературная область применения масел здесь ограничена тоже максимальной температурой, при которой вязкость масла становится равной или ниже 150 Па·с. Эта вязкость и по зарубежным данным считается предельной, при которой сохраняются шестерни, подшипники, узлы и агрегаты трансмиссий от повреждений из-за недостаточной текучести масла. Спецификации SAE J 306C и MIL-L-2105C по основным требованиям к физическим свойствам трансмиссионных масел взаимосвязаны и не противоречат друг другу.

За рубежом хорошо известна и классификация Американского нефтяного института API, в соответствии с которой масла в зависимости от конструкции и условий эксплуатации трансмиссий делят на шесть групп:

Группа GL-1 — относительно мягкие условия эксплуатации (невысокие нагрузки и скорости скольжения) в механических коробках передач с ручным переключением, ведущих мостах со спирально-коническими и червячными шестернями; в основном масла без присадок или с депрессорными и антипенными присадками.

Группа GL-2 — заметно жесткие условия по нагрузкам и скоростям скольжения в главных передачах грузовых автомобилей с червячными парами; в состав масел входят антифрикционные присадки.

Группа GL-3 — умеренно-жесткие условия со средними нагрузками и скоростями скольжения в ведущих мостах со спирально-коническими шестернями и некоторые коробки передач; в масле должны быть слабые противозадирные присадки.

Группа GL-4 — тяжелые условия работы масла в ведущих мостах с гипоидами шестернями и механических коробках передач легковых автомобилей; в составе масла должна быть противозадирная присадка средней активности (умеренного действия).

Группа GL-5 — очень тяжелые условия по нагрузкам и скоростям скольжения, включая ударные нагрузки в гипоидах парах легковых и грузовых автомобилей, механические коробки передач; в составе масла должны быть активные противозадирные и противоизносные присадки.

Группа GL-6 — очень тяжелые условия с высокими скоростями скольжения и ударными нагрузками в гипоидах передачах с возможно большим сдвигом осей; в составе масла должны быть сильнодействующие противозадирные и противоизносные присадки.

Приведенные здесь классификации и спецификации, а также диаграмма показателей вязкости масел (см. Приложение) могут оказаться полезными при подборе зарубежных аналогов трансмиссионных масел для отечественной или импортной техники.

В левом столбце диаграммы отражены классы вязкости ISO в мм²/с при 40 °C. Этот столбец включает 11 классов вязкости из 14, входящих в вязкостную градацию ISO. Ниже и выше указанных в столбце классов в градацию входят еще редко встречающиеся классы 10, 1000 и 1500 соответственно.

В столбце рядом отражена вязкостная градация, принятая AGMA (Общество американских производителей трансмиссий), в которой имеется 8 классов вязкости, при этом относительно широкий диапазон каждого класса указы-

яется в универсальных секундах Сейболта SUS. Следующие два столбца — классификационные группы SAE для трансмиссионных и моторных масел — указывают их среднюю вязкость в секундах Сейболта (универсальных) при 210 °F (SUS).

В правом столбце даны наиболее распространенные вязкостные группы базовых масел. При этом восемь нижних групп с буквой N — нейтральные дистиллятные масла с указанием средней вязкости в универсальных секундах Сейболта при 100 °F, а две верхних группы с буквенными обозначениями Brl (Brightstock) — высоковязкие остаточные масла с указанием средней вязкости (SUS при 210 °F).

Ассортимент трансмиссионных масел

Трансмиссионные масла без присадок (табл. 3.4)

Трансмиссионные масла без присадок применяют ограниченно, так как по ряду показателей они не соответствуют современным требованиям эксплуатации. Их производство сохраняется для смазывания машин и механизмов с зубчатыми передачами, которые работают при невысоких оборотах, относительно небольших удельных нагрузках в узлах трения, а температура масла в объеме не превышает 50—70 °C. По мере обновления транспортных средств и ужесточения режимов работы машин и механизмов объемы производства этих масел снижаются, а области их при-

Таблица 3.4. Характеристики трансмиссионных масел без присадок

Показатель	Нигрол		АК-15	ТС-14,5
	зимнее	летнее		
Вязкость:				
кинематическая при 100 °C, мм ² /с	18—22	27—34	≥15	≥14,5
динамическая при —20 °C Па·с	—	—	—	≤65
Температура, °C:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	170	180	225	200
застывания, не выше	—20	—5	—5	—15
Содержание, %:	Отсутствие			
водорастворимых кислот и щелочей				
воды	Следы			
механических примесей, не более	0,05	0,05	Отсутствие	Отсутствие
серы, не более	—	—	—	0,5
Плотность при 20 °C, кг/м ³ , не более	960	970	—	—
Испытание на коррозию пластинок из стали марок 40 или 50 и меди марки М-2	Выдерживает		—	Выдерживает

Примечания.

1. Песок и другие абразивные вещества и механических примесей не допускаются.
2. К маслам нигрол (зимний) и АК-15 допускается добавление депрессатора.
3. В масле АК-15 нормируется: кислотное число ≤0,2 мг KOH/г; коксусесть ≤0,7%; индекс вязкости ≥50; цвет на колориметре ЦНТ (разбавление 15:85) — ≤6,0 ед. ЦНТ.

менения значительно сокращаются. В настоящее время сохраняется производство трех сортов масел без присадок.

Масло трансмиссионное для промышленного оборудования — нигрол (ТУ 38 101529—75) — вязкий неочищенный продукт прямой перегонки нафтенных нефтей. Выпускают зимнее и летнее, различающиеся между собой вязкостью, температурами вспышки и застывания. Применяют для смазывания слабонагруженных узлов промышленного оборудования — открытых зубчатых передач, редукторов и др.

Масло базовое ТС-14,5 (ТУ 38 101110—86) — вырабатывают из малосернистых нафено-парафиновых нефтей. Применяют в качестве основы некоторых трансмиссионных масел и дисперсионной среды некоторых пластичных смазок. В чистом виде используют также для смазывания подшипников жидкостного трения прокатных станов.

Масло АК-15 (ТУ 38 001 280—76) — вязкое нефтяное масло для смазывания различных трансмиссий прямозубых и червячных передач, работающих при относительно невысоких температурах (до 90 °C) и контактных напряжениях (до 800 МПа). Вырабатывают из нафтенных нефтей, поэтому масло имеет низкий индекс вязкости. Для снижения температуры застывания в масло вводят депрессатор АзНИИ.

Трансмиссионные масла классов вязкости 9 и 12

Это низкозастывающие мало- и средневязкие нефтяные масла. В качестве базовых компонентов для них используют вязкие остаточные и маловязкие дистиллятные масла с низкой температурой застывания. В этих случаях для достижения низкой температуры застывания применяют и депрессорные присадки.

Наиболее низкозастывающие масла указанных классов вязкости вырабатывают на основе глубокодепарафинированных дистиллятных масел с температурой застывания минус 45—55 °C (МС-8, МС-10, трансформаторное, АСВ-5) загущением их вязкостными присадками (полиизобутоном или полиметакрилатом). Применение таких базовых компонентов придает зимним и северным маркам трансмиссионных масел необходимые вязкостно-температурные свойства и пусковые характеристики при низких температурах.

Незагущенные зимние трансмиссионные масла (табл. 3.5)

Масло ТСП-10: автомобильное с присадкой ОТП (ГОСТ 23652—79), тракторное с присадкой ЭФО (ТУ 38 101701—77). Оба масла вырабатывают из малосернистых нефтей, при этом используют высоковязкий остаточный деасфальтированный компонент и маловязкий дистиллятный продукт с низкой температурой застывания. Кроме основных противозадирно-противозносных присадок (ОТП или ЭФО) в эти масла для снижения тем-

Таблица 3.5. Характеристики незагущенных северных трансмиссионных и редукторного масел (класс вязкости 9)

Показатель	ТСп-10 с ОТП	ТСп-10 с ЭФО	ВНИИНП-30	МТ-8п
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 100 °С, не менее	10,0	10,0	5,5	8,0—9,0
при —40 °С, не более	—	—	9500	—
Индекс вязкости, не менее	90	95	—	90
Вязкость динамическая при —35 °С, Па·с, не более	300	300	—	—
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	128	130	150	180
застывания, не выше	—40	—40	—50	—30
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	0,1	0,01
Содержание, %: механических примесей, не более	0,02	0,02	Отсутствие	0,015
воды	Следы	—	Отсутствие	Следы
серы (фосфора), не менее	1,6	(0,07)	—	—
цинка, не менее	—	0,05	—	—
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди (3 ч, при 100 °С)	Выдерживает			—
Смазывающие свойства на ЧШМ:				
И ₂ , не менее	48	36	—	35
D ₄ при нагрузке 392 Н (1 ч при 20 °С), мм, не менее	0,80	0,40	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	915	—	—	900

Примечания.

1. Для масла ТСп-10 с ОТП нормируется термоокислительная стабильность на приборе ДК-НАМИ при 140 °С в течение 20 ч: $\Delta V_{100} < 27\%$, содержание осадка в петролейном эфире $< 0,7\%$.

2. Для масла МТ-8п нормируется: коррозия свинца C_1 или $C_2 < 5,0$ г/м²; цвет (разбавление 15:85) $< 8,0$ ед. ЦТН; термоокислительная стабильность > 60 мин; моющие свойства по ПЗВ $< 1,0$ балл; коксуемость масла без присадок $< 0,30\%$; зольность масла с присадками — 0,4—0,75% и без присадок — $< 0,005$; щелочность $> 2,0$ мг КОН/г.

температуры застывания вводят депрессорные присадки (АФК или АЗНИИ—ЦИАТИМ-1).

Оба масла применяют всесезонно в северных районах и как зимние — в средней климатической зоне — для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, работающих при контактных напряжениях до 1500—2000 МПа и температурах масла в объеме до 100—110 °С.

Используют при температурах окружающей среды до минус 30—35 °С.

Масло ВНИИНП-30 (ОСТ 38 01144—77) — вырабатывают на базе глубокоочищенного низкозастывающего масла из сернистых

нефтей с композицией присадок, улучшающих эксплуатационные свойства. Предназначено для различных по конструкции редукторов (с червячной, цилиндрической, цилиндрическо-конической и конической передачами), работающих в условиях низких температур — до минус 40—45 °С.

✓ Моторно-трансмиссионное масло МТ-8п (ТУ 38 101277—85) — масло селективной очистки из сернистых нефтей, содержит многофункциональную присадку с комплексом противозносных, антикоррозионных, антиокислительных и моющих свойств, а также депрессорную и антипенные присадки. Применяют как трансмиссионное для гусеничных машин в планетарных коробках передач, планетарных бортовых передачах и в системе гидроуправления.

Загущенные северные трансмиссионные масла (табл. 3.6)

✓ Масло ТСзп-8 (ОСТ 38 01365—84) представляет собой глубокоочищенную маловязкую низкозастывающую нефтяную основу, загущенную стойкой к деструкции вязкостной присадкой. С целью обеспечения высоких эксплуатационных показателей в масло вводят противозадирную, противозносную, антиокислительную и антипенную присадки. Масло предназначено для смазывания агрегатов трансмиссий, имеющих планетарные редукторы коробок передач и некоторых систем гидроуправления мобильных транспортных средств.

✓ Масло ТСз-9гип (ОСТ 38 01158—78) — смесь высоковязкого и маловязкого низкозастывающего глубокоочищенного нефтяных масел, загущенная полимерной вязкостной присадкой, стойкой против деструкции. В состав масла входят противозадирная, антиокислительная, антикоррозионная, депрессорная и антипенная присадки. Масло работоспособно в интервале температур —50...+120 °С в различных автомобильных трансмиссиях, включая гипоидные.

Масло ТМ5-12 (перспективная марка) — всесезонное для холодной климатической зоны и зимнее для средней полосы. Предназначено для смазывания агрегатов трансмиссий грузовых и легковых автомобилей, а также других транспортных средств, имеющих гипоидные, спирально-конические, цилиндрические и червячные передачи. Представляет собой глубокоочищенную низкозастывающую нефтяную основу, в состав которой вводят хорошо сбалансированную композицию присадок, улучшающую функциональные свойства масла: противозадирные, противозносные, антиокислительные, антиржавейные, антипенные и др. Температурный диапазон работоспособности масла от минус 40 до плюс 140 °С. Используют в качестве зимнего для коробок передач и ведущего моста автомобилей семейства «Жигули».

Масло ТМ5-12рк (перспективная марка) — универсальное всесезонное рабоче-консервационное трансмиссионное масло,

Таблица 3.6. Характеристики загущенных северных трансмиссионных масел (классы вязкости 9 и 12)

Показатель	ТСзп-8	ТСз-9гип	ТМ5-12	ТМ5-12рх	СТ-20
Вязкость кинематическая при 100 (50) °С, мм²/с, не менее	7,5*	9,0 (≤36,0)	12,0	12,0	9
Индекс вязкости, не менее	140	140	130	120	
Вязкость динамическая при -45 (-35) °С, Па·с, не более	—	150	(50)	150	≤200*
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	170	160	180	180	130
застывания, не выше	-50	-50	-40	-45	-60
Содержание, %:					
механических примесей, не более	0,025	0,05	0,02	0,02	0,05
воды					
серы (хлора), не менее	0,7	(2,8)	Следы	2,1	
фосфора, не менее	0,08	—	0,1	0,1	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	1,0	2,0	2,8	—
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди	Выдерживает				
Смазывающие свойства на ЧШМ:					
Из, не менее	40	50	58	58	—
D _н при 20 °С, 1 ч и нагрузке 392 Н, мм, не более	0,50	0,90	0,50	0,60	—
P _{св} , Н, не менее	2764	3283	3480	3087	—
P _х , Н, не менее	823	1235	—	—	—

* При -60 °С.

предназначенное для эксплуатации и консервации агрегатов трансмиссий автомобилей и другой мобильной техники, имеющих гипоидные, спирально-конические, конические, червячные и цилиндрические передачи. Базовое масло и основные присадки те же, что и в масле ТМ5-12. Дополнительно в состав этого масла вводят консервационную присадку НГ-107Т, сочетание которой с основными функциональными присадками обеспечивает комплекс рабоче-консервационных свойств.

Масло специальное СТ-20 (ТУ 38 101170—76) — вырабатывают из малопарафинистой нефти, что обеспечивает чрезвычайно низкую температуру застывания. Вязкостные свойства улучшены введением загущающей полимерной присадки, а хорошее сочетание серохлорсодержащей противозадирной и серофосфор-

содержащей противоизносной присадок обеспечивает высокую смазочную способность масла. Предназначено для смазывания специальных редукторов, работающих при незначительных скоростях скольжения и высоких контактных напряжениях (до 1200—1600 МПа). Работоспособность масла рассчитана на длительный срок в диапазоне температур -60...+80 °С.

Трансмиссионные масла класса вязкости 18 (табл. 3.7)

Эти вязкие масла по объемам производства и потребления наиболее широко представлены в ассортименте трансмиссионных смазочных материалов. В основном они представляют собой минеральные масла остаточного происхождения с композицией присадок. Область применения охватывает все грузовые и легковые автомобили, трактора, дорожно-строительные машины и другие виды мобильной техники, а также редукторы промышленного оборудования. Большинство трансмиссионных масел этого класса объединены в ГОСТ 23652—79.

Масло ТЭп-15 (ГОСТ 23652—79) вырабатывают на базе ароматизированных остаточных продуктов и дистиллятных масел. Функциональные свойства масла улучшены за счет введения противоизносной присадки ЭФО и депрессорной присадки АФК. Применяют в качестве всесезонного трансмиссионного масла для тракторов и других сельскохозяйственных машин в районах с умеренным климатом, имеет рабочий температурный диапазон -20...+100 °С.

Масло ТСп-15К (ГОСТ 23652—79) — трансмиссионное масло, единое для коробки передач и главной передачи (двухступенчатый редуктор с цилиндрическими и спирально-коническими шестернями) автомобилей КамАЗ. Представляет собой остаточное масло с небольшой добавкой дистиллятного и композицией присадок, улучшающих противозадирные, противоизносные, низкотемпературные и антипенные свойства. Работоспособно длительно при температурах -20...+130 °С.

Масло ТАП-15В (ГОСТ 23652—79) — смесь высоковязкого ароматизированного продукта с дистиллятным маслом и композицией присадок, улучшающих противозадирные и низкотемпературные свойства. Вырабатывают два варианта масла, различающиеся противозадирными присадками: ОТП — осерненные тетрамеры пропилены; ЛЗ-23К — этилен-бис-изопропилксантогенат. Присадки обладают хорошими противозадирными свойствами благодаря высокому содержанию активной серы (20—22% в первом случае и 36—40% — во втором). Применяют в трансмиссиях грузовых автомобилей и для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, в которых контактные напряжения достигают 2000 МПа, а температура масла в объеме — 130 °С. В средней климатической зоне используют всесезонно до минус 25 °С.

Таблица 3.7. Характеристика вязких трансмиссионных масел (класс вязкости 18)

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАП-15В	ТСп-14гип	ТАД-17И	МТН-2
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 50 °С при 100 °С	— 15,0±1	— ≥16,0	— 15,0±1	— ≥14,0 (80)	110—120 ≥17,5	≥180 —
Вязкость динамическая при —15 (20) °С, Па·с, не более	—	75 90	180	85	100	—
Индекс вязкости, не менее	—	90	—	85	100	—
Температура, °С: вспышки в открытом (закрытом) тигле, не менее	185	185	185	215	200	(110)
застывания, не выше	—18	—25	—20	—25	—25	—45
Содержание, %: механических примесей, не более воды	0,03	0,01	0,03	0,01	Отсутствие	Отсутствие
Испытание на коррозию пластинок в течение 3 ч: из стали и меди при 100 °С из меди при 120 °С, баллы, не более	Выдерживает			—	Выдерживает	—
Зольность, %, не менее	0,3*	—	—	—	0,3	0,007
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	—	—	2,0	0,15
Содержание, %: фосфора (хлора), не менее	0,06	—	—	(0,5)	0,1	—
серы	3,0	—	1,2	—	2,7—3,0	—
Стабильность на приборе ДК-НАМИ (140 °С, 20 ч): Δ ₁₀₀ , %, не более	25,0	7,0	—	—	—	—
осадок в петролейном эфире, %, не более	0,7	0,05	—	—	—	0,05
Склонность к пенообразованию, см ³ , не более: при 24 °С при 94 °С при 24 °С после испытания при 94 °С	— — —	300 50 300	— — —	500 450 550	100 50 100	— — —
Смазывающие свойства на ЧШМ: П _н , не менее Р _{сн} , Н, не менее	— —	55 3479	50 3283	60 3920	58 3687	— —

Показатель	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАП-15В	ТСп-14гип	ТАД-17И	МТН-2
D _н при осевой нагрузке 392 Н (20±5 °С, 1 ч), мм, не более	0,55	0,50	[*]	[*]	0,40	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	—	6,0	5,0	—
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	Отсутствие	—	—	Отсутствие
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	950	910	930	910	907	—

Примечания.

1. Для масла ТАД-17И нормируют: термоокислительная стабильность на шестеренной машине при 155 °С в течение 50 ч — Δ_{вк} ≤ 100%, осадки в петролейном эфире и бензине — ≤ 3 и ≤ 2% соответственно; изменение объема резины акрилатной марки 2800 и нитрильной марки 57—5023 в пределах ±5,0 и ±8,0 соответственно; коксуемость ≤ 1,0%.
2. Легкое помутнение масла МТН-2 в процессе хранения при температуре ниже минус 10 °С не служит браковочным признаком при условии отсутствия в масле влаги и механических примесей.

У Масло ТСп-14гип (ГОСТ 23652—79) вырабатывают на основе масла ТС-14,5 (ТУ 38 101110—71) с композицией противозадирной, моющей и антипенной присадок. В качестве противозадирного компонента используют хлорфосфорсодержащую присадку — Хлорэф-40 (о,о-днбутиловый эфир трихлорметилфосфоновой кислоты). Предназначено для смазывания гипондных передач грузовых автомобилей (в основном, семейства ГАЗ) и специальных машин в качестве всесезонного для умеренной климатической зоны. Диапазон рабочих температур масла — 25... +130 °С.

У Масло ТАД-17И (ГОСТ 23652—79) — минеральное с хорошо сбалансированной серофосфорсодержащей композицией присадок, также улучшающей антиокислительные, антиржавейные и противопенные свойства. Благодаря хорошему индексу вязкости и депрессорной присадке масло работоспособно до минус 25 °С. Верхний предел длительной работоспособности 130—140 °С. Предназначено для смазывания гипондных ведущих мостов и коробок перемены передач легковых автомобилей ВАЗ, ГАЗ и АЗЛК.

Масло специальное МНТ-2 (ТУ 38 001134—73) — низкотемпературное нефтяное масло, загущенное полиизобутиеном с молекулярной массой 15—20 тыс. С целью улучшения антиокислительных и противоизносных свойств в масло вводят функциональные присадки ионол и совол, а для снижения температуры застывания — присадки АзНИИ или АзНИИ—ЦИАТИМ-1. От-

личные вязкостно-температурные свойства масла позволяют все-сезонно применять его в холодных условиях при температурах окружающей среды до минус 40 °С.

Высоковязкие трансмиссионные масла (табл. 3.8)

Это масла класса вязкости 34. Применяют их ограниченно, в основном для смазывания устаревших видов мобильной техники в умеренной и жаркой климатических зонах.

Масла ТСгип и ТС (ОСТ 38 01260—82) предназначены для тяжело нагруженных быстроходных зубчатых передач. Масло ТСгип используют для смазывания прямозубых, спирально-конических, гипоидных и червячных передач, в которых контактные напряжения превышают 2000 МПа и температура масла в объеме достигает 120—130 °С. Масло ТС применяют в коробках передач и рулевом управлении автомобилей, исключая машины ВАЗ.

Готовят на базе осернения тяжелых продуктов серой. Для этого применяют вязкие нефтяные остатки с высоким содержанием ароматических углеводородов либо экстракты селективной очистки масел. В качестве дистиллятного компонента, улучшающего низкотемпературные характеристики этих масел, как правило, используют маловязкие низкозастывающие масла. В состав масла ТС добавляют осерненное растительное масло.

МАСЛА ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

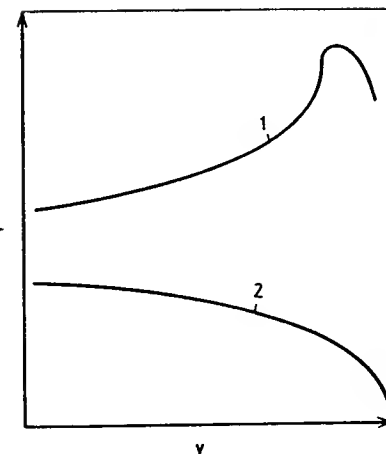
Конструктивные особенности гидромеханических коробок передач современной автотракторной техники предъявляют сложные и в значительной мере противоречивые требования к смазочным маслам. Прежде всего это касается вязкостных, фрикционных, противоизносных и антиокислительных свойств масел. Наиболее

Таблица 3.8. Характеристики высоковязких трансмиссионных масел

Показатель	ТСгип	ТС
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	20,5—32,4	20,5—32,4
Содержание:		
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	Отсутствие
механических примесей, %, не более	0,10	0,10
воды	Отсутствие	Отсутствие
серы, %, не менее	1,5	1,2
Температура застывания, °С, не выше	—20	—20
Испытание на коррозию пластин		
из стали марок 40 или 50	Выдерживает	Выдерживает
из меди марки М-2К	Потемнение	Отсутствие
Содержание нитробензола	—	Отсутствие

Примечание. Песок и другие абразивные вещества в механических примесях не допускаются.

Рис. 50. Зависимость коэффициента трения f от скорости скольжения v : 1 — масло без модификатора трения; 2 — масло с модификатором трения



важными являются характеристики фрикционных свойств — коэффициенты статического и динамического трения, от которых зависит эффективность работы фрикционных дисков сцепления. Плохие фрикционные свойства масла в моменты переключения скоростей могут привести к проскальзыванию, в то время как смазочный слой должен обеспечивать контакт дисков с относительно высоким коэффициентом трения. Но такое масло вызывает значительные потери энергии на преодоление трения в других узлах.

Другим противоречием при формировании состава масла является противоизносная присадка, во многих случаях понижающая коэффициент трения, особенно «модификаторы» трения. Поэтому в некоторых спецификациях на масла для гидромеханических передач подчеркивается наличие или отсутствие модификаторов трения. Это наглядно иллюстрируется зависимостями на рис. 50, на котором показаны две типичные кривые трения, получаемые на испытательном стенде с малой скоростью скольжения (LVFA): масло без модификатора трения дает высокий коэффициент статического трения, масло с модификатором трения — низкий коэффициент статического трения.

Условия работы гидромукты и гидротрансформатора, высокие скорости потоков масла — до 100 м/с с целью повышения к.п.д. и обеспечения возможной работы при низких температурах требуют минимальной вязкости масла. Хотя при этом необходимо подбирать специальные сальники и другие уплотнители. Применение масел с пониженной вязкостью в гидромеханических коробках передач и ведущих мостах с блокировкой дифференциала некоторых конструкций автомобилей может привести к возникновению шума. Эта опасность, как правило, устраняется правильным подбором масла и введением в него присадок, улучшающих смазывающую способность.

Наряду с этим масла для гидромеханических передач должны обладать хорошими антикоррозионными и антипенными свойствами, совмещаться с различными уплотнительными материалами. Такие свойства обеспечиваются применением маловязких низкозастывающих хорошо очищенных нефтяных или синтетиче-

Таблица 3.9. Характеристики масел для гидромеханических передач

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	А	Р	МГТ
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 100 °С при 50 °С при —20 °С	[*] 23—30 ≤2100	[*] 12—14 ≤1300	6—7 — —
Вязкость динамическая при —50 °С, Па·с	—	—	≤40
Индекс вязкости	—	—	≥175
Температура, °С: испытки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше	175 —40	163 —45	160 —55
Содержание: механических примесей, %, не бо- лее воды водорастворимых кислот и щело- чей	0,01	0,01	0,01
Испытание на коррозию, балл	Отсутствие Допускается щелочная реакция		≤2а
Стабильность в приборе ДК-НАМИ: осадок в колбе осадок после разбавления масла растворителем, % (масс.), не бо- лее	0,07	0,03	0,07
Зольность, %, не менее	0,60	0,60	—
Содержание, %, не менее: цинка кальция	0,08 0,16	0,08 0,16	— —
Смазывающие свойства на ЧШМ (по ГОСТ 9490—75): И ₃ , не менее D _н , при осевой нагрузке 392,4 Н, мм, не более	— —	— —	40 0,5
Склонность к пенообразованию, см ³ , не более: при 24 °С при 94 °С при 24 °С после испытания при 94 °С	[*] [*] [*]	[*] [*] [*]	≤100 ≤100 ≤100
Воздействие на резину [72 ч, 125 °С (130 °С)], %: УИМ-1: изменение объема изменение массы резина 9831 с изменение массы	— — (±2,0)	— — —	0—8 0—7 —

ских базовых масел и комплекса функциональных присадок. Среди последних особо следует отметить фрикционную, влияющую на наиболее критические параметры масла — коэффициенты статического и динамического трения, а также продолжительность включения передачи.

Несмотря на антиокислительный потенциал, придаваемый маслу присадками, в нем при постоянном воздействии повышенных рабочих температур со временем начинают накапливаться продукты разложения (старения). Отлагаясь на фрикционных дисках сцепления, они могут вызвать «засаливание» их. Во избежание этого во многие масла для гидромеханических коробок передач наряду с перечисленными выше присадками вводят дополнительно детергентно-диспергирующие (моющие) присадки. За счет тонкого диспергирования продуктов окисления масла по мере их образования эти присадки препятствуют агрегированию частиц и отложению на трущихся поверхностях.

Масла для гидромеханических передач вырабатывают на базе маловязких фракций сернистых парафинистых нефтей посредством их селективной очистки, глубокой депарафинизации и загущают вязкостными присадками (полиизобутен, полиметакрилат). Используют эти масла в различных областях: автоматические трансмиссии и гидротрансформаторы легковых и грузовых автомобилей, автобусов, насосы гидравлического усиления рулевого управления, коробки передач с переключением ступеней при помощи сервопривода, а также различные гидравлические механизмы с крыльчатыми и поршневыми насосами. Выпускают три марки масел (табл. 3.9):

✓ марка А (ОСТ 38 01434—87) для гидротрансформаторов и автоматических коробок передач;
✓ марка Р (ОСТ 38 01434—87) для системы гидроусилителя руля и гидрообъемных передач;
МГТ (ТУ 38 101103—87) для гидромеханических коробок передач и различных гидравлических передач.

ОСЕВЫЕ МАСЛА

Осевые масла — неочищенные прямогонные продукты нефтепереработки, используемые в качестве смазочных материалов. Основная область применения — подвижной состав железнодорожного транспорта, где их используют для смазывания шеек осей колесных пар вагонов, тепловозов с подшипниками скольжения трения. Иногда применяют для смазывания узлов трения и некоторых малонагруженных зубчатых редукторов промышленного оборудования. В соответствии с ГОСТ 610—72 выпускают осевые масла трех марок: Л — для летнего применения, З — для зимнего применения и С — для применения в особо холодных регионах (северный).

Таблица 3.10. Характеристики осевых масел

Показатель	л	з	с
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с	42—60	≥22	12—14
Вязкость динамическая (при температуре, °С), Па·с, не более	15 (—10)	60 (—30)	0,2 (0); 250 (—50)
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	125	125
застывания, не выше	—	—40	—55
Содержание, %:	Отсутствие		
водорастворимых кислот и щелочей			
механических примесей, не более	0,07	0,05	0,04
воды, не более	Следы	0,3	0,1

Осевые масла вырабатывают из малосернистых нафтенowych и нафтенo-парафиновых нефтей, причем зимнее и северное, как правило, представляют собой дистиллятные фракции, а летнее — смесь дистиллятных фракций с остатком от прямой перегонки нефти.

Основные показатели качества осевых масел — вязкость и температура застывания, что обусловлено спецификой их применения: подача к узлам трения (к шейкам осей) осуществляется по волокнам подбивочных концов или фитилей. Характеристики осевых масел приведены в табл. 3.10.

РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Общие требования и свойства

Основная функция рабочих жидкостей (жидких сред) для гидравлических систем — передача механической энергии от ее источника к месту использования с обеспечением изменения величины или направления приложенной силы. Гидравлический привод не может действовать без жидкой рабочей среды, являющейся необходимым конструкционным элементом любой гидравлической системы. В постоянном совершенствовании конструкций гидравлических приводов отмечаются следующие тенденции:

повышение рабочих давлений и связанное с этим расширение верхних температурных пределов эксплуатации рабочих жидкостей;

сокращение общей массы привода или увеличение отношения передаваемой мощности к массе, что обуславливает более интенсивную эксплуатацию рабочей жидкости;

уменьшение рабочих зазоров между деталями рабочего органа, выходной и приемной полостей гидравлической системы, что ужесточает требования к чистоте рабочих жидкостей (или ее фильтруемости при наличии фильтров в гидравлических системах).

С целью удовлетворения требований, продиктованных указанными тенденциями развития гидравлических приводов, современные рабочие жидкости для них должны:

иметь оптимальный уровень вязкости и хорошие вязкостно-температурные характеристики в широком диапазоне температур, т. е. высокий индекс вязкости, или пологую вязкостно-температурную кривую;

отличаться высоким антиокислительным потенциалом, а также термической и химической стабильностью, обеспечивающими длительную беспрерывную работу жидкости в гидравлической системе;

защищать детали гидравлического привода от коррозии;

обладать хорошей фильтруемостью;

иметь необходимые деаэрирующие, деэмульгирующие и антипенные свойства;

характеризоваться высокой смазочной способностью, необходимым противозадирным и противоизносным потенциалом;

быть совместимыми с резинами, эластомерами и другими уплотнительными материалами.

В соответствии с повышением требований безопасности в некоторых специфических областях применения, таких, как горнодобывающая (угольная) и сталелитейная промышленность, в отдельную группу выделились огнестойкие (трудновоспламеняющиеся) рабочие жидкости на водной основе (эмульсии «масло в воде», «вода в масле», водно-гликолевые смеси и др.) и жидкости, не содержащие воды (сложные эфиры фосфорной кислоты, олигоорганосилоксаны, фторированные углеводороды и др.).

Большинство массовых сортов гидравлических масел вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых компонентов, получаемых из рядовых нефтяных фракций с использованием современных технологических процессов экстракционной и гидрокаталитической очистки. Наряду с этим ряд низкозастывающих маловязких гидравлических масел получают глубокой серно-кислотной очисткой (деароматизацией) легких фракций уникальных малопарафиновых нефтей нафтенового основания.

Физико-химические и эксплуатационные свойства современных гидравлических масел улучшаются при введении в них функциональных присадок — антиокислительных, антикоррозионных, противоизносных, противозадирных, противопенных и др. Следует особо отметить стремление к улучшению противоизносных свойств, вызванное включением в новые конструкции гидравлических систем интенсифицированных гидравлических насо-

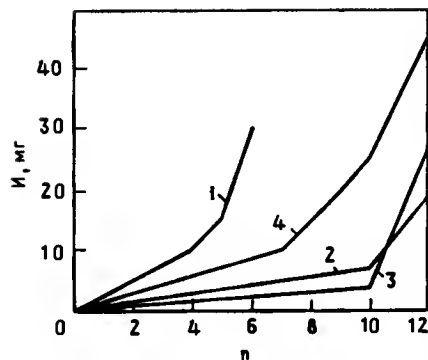


Рис. 51. Зависимость износа И от степени нагружения n и концентрации диалкилдитиофосфата цинка в гидравлическом масле МГЕ-46В (шестеренный стенд FZG):

1 — без присадки; 2—4 — 1,0, 1,5 и 2,0% присадки

сов. Наибольшее распространение в качестве противоизносной присадки для массовых сортов гидравлических масел получили диалкилдитиофосфаты металлов (в основном, цинка) или их «беззолые» варианты (аминовые соли и сложные эфиры дитиофосфорной кислоты). Влияние концентрации такой присадки на противоизносные свойства средневязкого гидравлического масла МГЕ-46В показано на рис. 51. Результаты получены на шестеренном стенде при различных степенях нагрузок. За показатель износа принята потеря массы шестерен в мг.

Система обозначений рабочих жидкостей

Рабочие жидкости для гидравлических систем подразделяют на нефтяные, синтетические и водно-гликолевые. По назначению их делят в соответствии с областью применения:

для летательных аппаратов, мобильной наземной, речной и морской техники;

для гидротормозных и амортизаторных устройств различных машин;

для гидроприводов, гидропередатчиков и циркуляционных масляных систем различных агрегатов, машин и механизмов, составляющих оборудование промышленных предприятий.

В данной главе рассматриваются рабочие жидкости для гидравлических систем мобильной техники, обозначенные ГОСТ 17479.3—85 как гидравлические масла, а также некоторые наиболее распространенные гидротормозные и амортизаторные жидкости на нефтяной и синтетической основе. Рабочие жидкости для гидравлических систем промышленного оборудования рассматриваются в главе 5.

Действующий ассортимент нефтяных рабочих жидкостей для гидравлических систем охватывает свыше 20 гидравлических масел, которые в зависимости от эксплуатационных свойств подразделяют на группы А, Б и В.

Группа А — нефтяные гидравлические масла без присадок, применяемые в малонапряженных гидравлических системах с шестеренными и поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме полостей системы до 80 °С;

Группа Б — нефтяные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками, предназначенные для средненапряженных гидравлических систем с различными насосами, работающими при давлениях до 25 МПа и температуре масла в объеме >80 °С;

Группа В — хорошо очищенные нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками, предназначенные для использования в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме более 90 °С.

В маслах всех трех групп могут вводиться загущающие (вязкостные) и антипенные присадки.

По показателям вязкости при 40 °С ГОСТ 17479.3—85 (аналогично международной вязкостной градации масел ISO) предусматривает деление гидравлических масел на 10 классов вязкости:

Класс вязкости	ν_{40} , мм ² /с	Класс вязкости	ν_{40} , мм ² /с
5	4,14—5,06	32	28,80—35,20
7	6,12—7,48	46	41,40—50,60
10	9,00—11,00	68	61,20—74,80
15	13,50—16,50	100	90,00—110,00
22	19,80—24,20	150	135,00—165,00

Установлено также соответствие групп отечественных гидравлических масел классификационным группам ISO 6074/4-1982 (Е): А → HH, Б → HL, В → HM. Загущенные вязкостными присадками масла группы В соответствуют классификационной группе ISO «HV».

Система обозначений гидравлических масел предусматривает буквенные знаки МГ — минеральное гидравлическое, далее указывают класс вязкости n , наконец, принадлежность к одной из трех групп по эксплуатационным свойствам (А, Б, В). Например, гидравлическое масло МГ-15Б означает: масло минеральное гидравлическое, класс вязкости 15 ($\nu_{40}=13,50 \dots 16,50$ мм²/с), по эксплуатационным свойствам относится к группе Б (т. е. содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки и может применяться в гидравлических системах со средненапряженным режимом работы).

Соответствие продуктов действующего ассортимента гидравлических масел нефтяного происхождения, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями по разным нормативно-техническим документам и по ГОСТ 17479.3—85, приведено в табл. 3.11. По уровню вязкости гидравлические масла обычно ранжируют на маловязкие, средневязкие и вязкие.

Большинство элементов гидравлической системы смазываются рабочей жидкостью в гидродинамическом режиме, поэтому вязкость имеет доминирующее значение для определения уровня смазочной способности жидкости. Однако при подборе гидравлической жидкости с большей вязкостью необходимо учитывать,

Таблица 3.11. Обозначение гидравлических масел

Обозначение по ГОСТ 17479.3—85	Существующее обозначение	Действующая ПДТ
МГ-22-А	АУ	ГОСТ 1642—75, ТУ 38 101586—75
МГ-32-А	ЭШ	ГОСТ 10363—78
МГ-32-А	Масло для механизмов опрокидывания вагонов-са- мосвалов	ОСТ 38 01150—78
МГ-5-Б	МГЕ-4А	ОСТ 38 01281—82
МГ-5-Б	ЛЗ-МГ-2	ТУ 38 101328—81
МГ-7-Б	РМ	ГОСТ 15819—70
МГ-10-Б	РМЦ	ГОСТ 15819—70
МГ-15-Б	АМГ-10	ГОСТ 6794—75
МГ-22-Б	АУП	ОСТ 38 01364—84
МГ-46-Б	МГ-30	ТУ 38 10150—79
МГ-15-Б	ГЖД-14С	ТУ 38 101252—72
МГ-15-В	ВМГЗ	ТУ 38 101479—74
МГ-15-В	МГЕ-10А	ОСТ 38 01281—82
МГ-22-В	Р	ТУ 38 101179—71
МГ-46-В	МГЕ-46В	ТУ 38 001347—83

что использование такой жидкости неминуемо ведет к излишним затратам энергии на преодоление сопротивления, создаваемого пленкой масла движению одной поверхности трения по отношению к другой. Исходя из этих противоположных моментов подбор гидравлической жидкости по уровню вязкости всегда представляется компромиссным.

Следует учитывать также, что в последние годы по мере интенсификации гидравлических приводов возросли и эксплуатационные температуры рабочих жидкостей. Чаще всего в летнее время рабочие температуры жидкости достигают 70—90 °С, а в агрегатах гидравлической системы с большими скоростями и высоким давлением температура может достигать 110—120 °С.

При подборе рабочей жидкости по вязкости для того или иного гидропривода необходимо учитывать также рабочие давления в системе и знать зависимость вязкости рабочей жидкости от давления. Эта зависимость весьма значительна для нефтя-

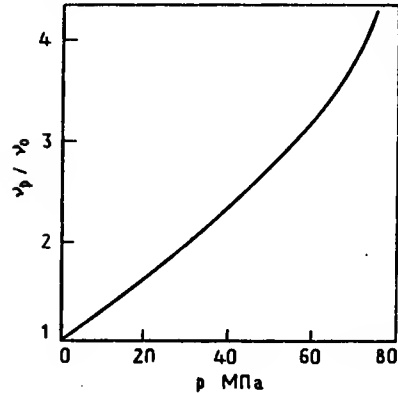


Рис. 52. Зависимость увеличения вязкости смазочных масел ν_p/ν_0 от давления p при комнатной температуре

ных рабочих жидкостей (при давлении около 40 МПа, например, вязкость практически возрастает более чем вдвое). Примерная зависимость вязкости масла от давления приведена на рис. 52.

Ассортимент и свойства рабочих жидкостей

Маловязкие жидкости для гидравлических систем мобильной техники (табл. 3.12—3.14)

Масло гидравлическое МГЕ-4А (ОСТ 38 01281—82) — представляет собой глубоочищенную легкую фракцию малопарафинистой нефти, загущенную вязкостной присадкой и содержащую ингибиторы окисления и коррозии. Отличается исключительно хорошими низкотемпературными свойствами, что определяет пределы его надежного применения в гидравлических системах в особо холодных условиях эксплуатации, включая экстремальные условия Арктики. Стабильность раствора присадок в масле проверяется в жестких условиях (до минус 50 °С).

Таблица 3.12. Характеристики низковязкостных гидравлических масел МГЕ-4А, МГЕ-10А и АМГ-10

Показатель	МГЕ-4А	МГЕ-10А	АМГ-10
Внешний вид	Прозрачная жидкость		
Цвет	От желтого до светло-коричневого		Красный
Вязкость кинематическая, мм ² /с:			
при 50 °С, не менее	3,6	10,0	10,0
при минус 50 °С, не более	300	1500	1250
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	94	96	93
застывания, не выше	—70	—70	—70
Кислотное число, мг КОН/г	0,4—0,7	0,4—0,7	≤0,03
Стабильность против окисления, показатели после окисления:			
ν_{50} , мм ² /с	—	—	≥9,8
ν_{-50} , мм ² /с	—	—	≤1500
изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,15	0,15	0,08
содержание осадка	Отсутствие		
Содержание, %:			
механических примесей	Отсутствие		
воды	Отсутствие		
Изменение массы резины марки УИМ-1 в масле, %	3,0—7,0	5,5—7,5	—
Испытание на коррозию	Выдерживает		
Испытание на стабильность присадок в масле	Выдерживает		
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	—	860	850

Таблица 3.13. Характеристики масел РМ, РМЦ и ЛЗ-МГ-2

Показатель	РМ	РМЦ	ЛЗ-МГ-2
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 50 °С	3,8—4,2	≥8,3	≥4,0
при —40 (50) °С, не более	350	915	(210)
Температура, °С:			
застывания, не выше	—60	—60	—70
помутнения, не выше	—50	—50	—
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	125	125	(92)
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,03
Стабильность масла против окисления, показатели после окисления:			
осадок, %, не более	0,05	0,05	0,01
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	0,1	0,2
Зольность, %, не более	0,005	0,005	—
Испытание на коррозию (3 ч, 100 °С) на пластинках из различных металлов	Выдерживает		
Содержание:			
механических примесей, воды	Отсутствие		
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	845	845	840

Таблица 3.14. Характеристики масел ВМГЗ и ГТ-50

Показатель	ВМГЗ		ГТ-50
	высшей категории	первой категории	
Вязкость кинематическая, мм ² /с:			
при 50 °С	≥10	≥10	11—14
при —40 °С	≤1500	≤1600	—
Индекс вязкости, не менее	160	130	80
Кислотное число масла без присадок, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	2,0
Стабильность против окисления, содержание осадка после окисления, %, не более	0,05	0,05	0,03
Зольность, %, не более	0,2	0,2	—
Содержание водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие		
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	135	165
застывания, не выше	—60	—60	—28
Испытание на коррозию	Выдерживает		
Изменение массы резины после воздействия масла (72 ч, 80 °С), %	4,0—7,5	4,0—7,5	≤6,5
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	865	865	(125 °С) 870
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	2,0	3,5

Масло МГЕ-10А (ОСТ 38 01281—82) вырабатывают на основе глубокодеароматизированной низкозастывающей маловязкой нефтяной фракции. Содержит загущающую (вязкостную), антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки. В основе масла жестко нормируется вязкость при минус 50 °С, температура застывания и анилиновая точка. Предназначено для гидравлических систем машин и механизмов, работающих в диапазоне температур от минус 60—65 °С до плюс 70—75 °С. Оптимальные температуры работы для масла 35—50 °С.

Масло АМГ-10 (ГОСТ 6794—75) — рабочая жидкость для гидравлических устройств авиационной и наземной техники, эксплуатируемой в интервале температур окружающей среды —60... +55 °С. Вырабатывают на основе глубокодеароматизированных низкозастывающих керосино-лигроиновых нефтяных фракций, состоящих в основном из нафтенных и изопарафиновых углеводородов. Постоянство химического состава (групп углеводородов) жестко регламентируется сырьем и технологией очистки основы. Оценка основы проводится по стандарту предприятия-изготовителя, в котором установлены предельные показатели низкотемпературной вязкости, температуры застывания и вспышки, анилиновая точка. В состав масла входят загущающая (вязкостная) присадка, антиокислитель и органический краситель.

Масло ЛЗ-МГ-2 (ТУ 38 101328—81) наиболее близкий к маслу МГЕ-4А продукт, получаемый вторичной перегонкой очищенной керосиновой фракции низкозастывающей нефти нафтенного основания с добавлением загущающей (вязкостной) и антиокислительной присадок. Как и МГЕ-4А, обладает хорошими низкотемпературными свойствами. Применяют в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем автоматического управления, обеспечивающих быстрый запуск техники в работу при низких температурах (до минус 60—65 °С).

Масло РМ (ГОСТ 15819—70) — глубокоочищенная дистиллятная фракция низкозастывающей нефти нафтенного основания, содержащая антиокислительную присадку (ароматический амин). По уровню вязкости при 50 °С близко к маслам МГЕ-4А и ЛЗ-МГ-2. Однако в отличие от них не содержит загущающей (вязкостной) присадки, поэтому обладает менее пологой вязкостно-температурной кривой (предельная вязкость при —40 °С равна 350 мм²·с⁻¹) и температурой застывания —60 °С. Отсюда и температурный диапазон применения в гидравлических системах несколько отличен — масло работоспособно в условиях окружающей среды от минус 40 до плюс 55 °С.

Масло гидравлическое РМЦ (ГОСТ 15819—70) вырабатывают из малопарафинистой нефти нафтенного основания. По фракционному составу, температурам вспышки и застывания, вязкостным показателям основа масла такая же, как и масла РМ.

В отличие от последнего содержит вязкостную загущающую полимерную присадку (высокомолекулярный полиизобутен).

Масло гидравлическое ЛЗ-ГА-1 (ТУ 38 30162—73) — рабочая жидкость для гидравлических систем запорной арматуры магистральных газопроводов, работоспособная в диапазоне температур —60...+60 °С. Вырабатывают на основе глубоочищенной узкой фракции уникальной малопарафинистой нефти нафтенного основания (фракция 230—270 °С). Содержит композицию присадок — вязкостную, антиокислительную и ингибитор ржавления.

Масло МЗ-52 (ГОСТ 21748—76) — легкая и узкая глубоочищенная фракция беспарафинистой малосернистой нефти нафтенного основания. Характеризуется малой вязкостью при низких температурах. Применяют в спиральных потенциометрах типа ПСМ-18 в качестве рабочей жидкости.

Характеристика масла МЗ-52:

Вязкость кинематическая, мм ² /с	Температура вспышки в закрытом тигле, °С	≥78
при 20 °С	Цвет, ед. ЦНТ	≥0,5
при —40 °С		
≥3,3		
≤46		

Масло гидравлическое ВМГЗ (ТУ 38 101479—85) — глубоочищенная маловязкая низкозастывающая нефтяная основа, загущенная вязкостной полимерной присадкой. Функциональные свойства масла улучшены также противозносной, антиокислительной, антикоррозионной, антипенной и депрессорной присадками. Качество основы регламентируется стандартом предприятия-изготовителя, которым установлены жесткие требования по низкотемпературной вязкости, температуре вспышки и температуре застывания. Предназначено в качестве рабочей жидкости систем гидропривода и гидроуправления строительных дорожных, лесозаготовительных, подъемно-транспортных и других машин, эксплуатируемых на открытом воздухе при рабочих температурах масла в объеме в зависимости от типа гидравлического насоса от минус 50 до минус 70 °С. Рекомендуются для условий севера как всесезонное, а для районов средней полосы с умеренным климатом — как зимний сорт.

Масло ГТ-50 для гидродинамических передач тепловозов (ТУ 38 101487—80) — глубоочищенное маловязкое низкозастывающее нефтяное масло, в состав которого для улучшения антиокислительных, противозносных и антипенных свойств введены функциональные присадки. Применяют для смазывания турбодвигателя гидропередачи тепловозов. Обладает хорошими вязкостно-температурными свойствами и термоокислительной стабильностью до 120 °С.

Средневязкие гидравлические масла (табл. 3.15 и 3.16)

Масло веретенное АУ — хорошо очищенное нефтяное масло без присадок. Вырабатывают сернокислотной очисткой из малопарафинистых нефтей нафтенного основания. Это масло по ОСТ 38 01412—86 имеет низкую температуру застывания без использования при его производстве процесса депарафинизации. В силу высокого содержания нафтенных углеводородов имеет низкий индекс вязкости. Масло АУ из малосернистых и сернистых парафинистых нефтей получают в процессах глубокой селективной очистки фенолом и глубокой депарафинизации. Применяют в гидравлических системах различных машин и механизмов в качестве рабочей жидкости. Обеспечивает работоспособность гидроприводов в диапазоне температур от минус 30—35 до плюс 90—100 °С (кратковременно до 125 °С).

Масло гидравлическое АУП (ОСТ 38 01364—84) вырабатывают из малопарафинистой нефти нафтенного основания глубокой сернокислотной очисткой. Содержит эффективные присадки против коррозии и окисления. Применяют в качестве рабочей жидкости в гидроприводах палубной техники морского транспорта, а также в качестве смазочного материала для узлов трения в различных агрегатах и механизмах корабельной техники.

Таблица 3.15. Характеристики гидравлических масел

[*] — Показатель не нормируется. Определенные обязательно

Показатель	Масла АУ из нефтей			Масло АУП
	беспарафинистых	малосернистых	сернистых	
Вязкость кинематическая, мм ² /с:				
при 20 °С, не более	49	49	49	—
при 40 °С	[*]	[*]	[*]	16—20
при 50 °С	12—14	12—14	12—14	—
при —40 °С, не более	[*]	14 000	13 000	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,07	0,07	0,05	0,45—1,0
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,005	—
Испытание на коррозию пластин из стали марок 40, 45 или 50	Выдерживает			
Содержание:				
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
механических примесей и воды	Отсутствие			
Цвет, ед. ЦНТ	≤2,5	—	—	—
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	163	165	165	145
застывания, не выше	—45	—45	—45	—45
Плотность при 20 °С, кг/м ³	884—894	≤890	≤890	—
Содержание серы, %, не более	—	0,3	1,0	—

Таблица 3.16. Характеристики масел ЭШ и для механизмов наклона кузова вагонов-самосвалов

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Масло ЭШ	Масло для механизмов наклона кузова вагонов-самосвалов	
		марка А	марка З
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с	≥20,0	18,5—20,5	18,5—20,5
Индекс вязкости	≥135	[*]	[*]
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,1	—	—
Содержание: водорастворимых кислот и щелочей механических примесей	Отсутствие	—	—
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше	160 —50*	135 —50	135 —45
Испытание на коррозию	—	Выдерживает	
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	4,0	3,0
Плотность при 20 °С, кг/м ³	850—880	[*]	905

* Для умеренной, теплой, влажной и жаркой климатических зон допускается вырабатывать масло с температурой застывания не выше —45 °С.

Работоспособно в температурном диапазоне —35...+100 °С, оптимальная рабочая температура 50—60 °С.

Масло ЭШ для гидравлических систем высоконагруженных механизмов (ГОСТ 10363—78) — хорошо очищенная и глубоко-депарафинизированная фракция, в состав которой введена загущающая полимерная и депрессорная присадки. Применяют в качестве рабочей жидкости в гидравлических системах шагающих экскаваторов и других аналогичных машин. Работоспособно при давлении до 15 МПа и интервале температур —45...+80÷+100 °С.

Масло для механизмов наклона кузова вагонов-самосвалов (ОСТ 38 01150—78) — дистиллятное масло серноокислотной очистки из малопарафинистой нефти нафтенного основания, загущенное полимерной вязкостной присадкой. Вырабатывают масла марки А — арктическое и марки З — зимнее или всесезонное для умеренной климатической зоны. Применяют в гидравлических механизмах наклона кузовов вагонов-самосвалов и других транспортных машин, имеющих гидравлические системы подъема и опрокидывания кузовов. Марка А работоспособна в условиях температуры окружающей среды до минус 45 °С, марка З — до минус 40 °С.

Вязкие гидравлические масла (табл. 3.17)

Масла МГ-20, МГ-30 (ТУ 38 10150—79) — нефтяные дистиллятные масла селективной очистки с присадками. Применяют в качестве летних масел для средней полосы и всесезонных для южных районов страны в гидравлических системах строительных, дорожных, подъемно-транспортных и других машин с объемным гидроприводом и гидроуправлением, работающих на открытом воздухе при рабочей температуре —20 ... +75 °С (в объеме масла) в зависимости от типа применяемого насоса, а также в гидравлических системах металлорежущих станков, прессового оборудования и другом промышленном гидравлическом оборудовании.

Содержат ≥0,2% присадки антиокислительной 4-метил-2,6-ди-трет-бутилфенол технический, ≥1,0% присадки АФК (или взаимозаменяемой присадки) и ≥0,003% ПМС-200А. Недостатком масел является отсутствие в их составе противозносных присадок, что значительно сокращает область их применения.

Таблица 3.17. Характеристики вязких гидравлических масел МГ-20, МГ-30, МГЕ-46В и ГЖД-14с

Показатель	МГ-20	МГ-30	МГЕ-46В	ГЖД-14с*
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 100 °С	—	—	≤6,0	≥13
при 50 °С	17—23	27—33	—	82—91
при 40 °С	—	—	41,4—50,6	—
при —15 (0) °С	≤1500	≤4000	(≤1000)	—
Индекс вязкости, не менее	—	85	90	90
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше	180 —40	190 —30	190 —30	180 —22
Стабильность против окисления, показатели после окисления: осадок, %, не более	0,05	0,01	0,05	—
изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,9	0,3	0,15	—
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие			
Испытание на коррозию металлов	Выдерживает			
Изменение массы резины УИМ-1 (72 ч, 80 °С), %	2—4	2—4	2—4	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5,5	5,5	—	7,0
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	885	890	890	890

* Внешний вид ГЖД-14 — жидкость темно-коричневого цвета. Определяют визуально в проходящем свете пробы жидкости в стеклянной бесцветной пробирке диаметром 20 мм.

Масло МГЕ-46В (ТУ 38 001347—83) для гидрообъемных передач изготавливают на базе селективноочищенных индустриальных масел с антиокислительной, противоизносной, депрессорной и антипенной присадками. Характеризуется высокой стабильностью вязкостных свойств, обладает хорошими противоизносными показателями, длительно работоспособно при температурах от минус 10 до плюс 80 °С. Применяют в гидравлических системах сельскохозяйственной и другой техники, работающей при давлении до 35 МПа с кратковременным повышением до 42 МПа. В гидроприводах с аксиально-поршневыми машинами рекомендуемый срок службы до 2000 ч.

Гидравлическая жидкость ГЖД-14с (ТУ 38 101252—72) — смесь глубоко очищенных остаточного и дистиллятного масел из сернистых нефтей. Для улучшения эксплуатационных свойств в масло вводят антиокислительную, антикоррозионную и антипенную присадки. Применяют в основных гидравлических системах винтов регулируемого шага судов.

Основа 1/6 (ТУ 38 101257—72) для производства специальных масел — маловязкая высокоочищенная дистиллятная фракция малосернистых или сернистых нефтей. Применяют в качестве базового компонента ряда гидравлических жидкостей (например, ВМГЗ и др.). Выпускают основу 1/6 трех марок (табл. 3.18):

основа 1/6 — из маловязкого низкозастывающего дистиллята балаханской масляной нефти;

основа 1/6-С — из маловязкого глубоко депарафинированного дистиллята сернистых нефтей глубокой адсорбционной очистки;

основа 1/6-СН — из маловязкого депарафинированного дистиллята сернистых нефтей неглубокой адсорбционной очистки.

Синтетические и полусинтетические гидравлические масла (табл. 3.19, 3.20)

Наряду с широко распространенными рабочими жидкостями на нефтяной основе в последние годы все большее применение находят синтетические и полусинтетические продукты, выгодно отличающиеся от нефтяных по комплексу эксплуатационных свойств, а также огнестойкостью и большей пожаробезопасностью. Такие рабочие жидкости используют в авиационной технике, в гидравлических приводах шахтного оборудования, в гидравлических системах «горячих» цехов металлургических заводов и ряде других областей.

Негорючие гидравлические жидкости достаточно подробно рассмотрены в справочнике «Негорючие теплоносители и гидравлические жидкости. Свойства, коррозия, технология» (под редакцией А. М. Сухотина. Л.: Химия, 1979, 360 с). Здесь приво-

Таблица 3.18. Характеристики основы 1/6

Показатель	Основа 1/6	Основа 1/6 — С	Основа* 1/6 — СН
Внешний вид	Прозрачная бесцветная жидкость		
Вязкость кинематическая, мм ² /с:			
при 50 °С	4,0—4,3	≥4,0	≥3,6
при —40 °С	≤430	≤430	≤650
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	0,05
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	130	125
застывания, не выше	—60	—54	—52
Содержание, %:			
серы, не более	—	0,45	0,65
механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие		
Анилиновая точка, °С, не менее	—	74	71
Фракционный состав, °С:			
и. к., не ниже	270	270	265
50% (об.)	290—300	300—305	≤300
90% (об.)	314—320	315—330	≤310
98% (об.), не более	340	340	350
Испытание на медной пластинке (70±2 °С, 24 ч)	Выдерживает		

* При применении в качестве загустителя присадки полиметакрилата «В» допускается повышение температуры застывания до минус 50 °С.

дятся отдельные синтетические и полусинтетические продукты, не вошедшие в этот справочник.

Масла 132-10 и 132-10Д (ГОСТ 18613—73) — полусинтетические гидравлические жидкости, представляют собой смесь полиэтилсилоксановой жидкости и нефтяного маловязкого низкозастывающего масла МВП, вырабатываемого из уникальных малопарафинистых нефтей нафтеенового основания. Указанные смеси выпускают под индексом ВПС. Масло 132-10 предназначено для работы в гидравлических системах в интервале —70... +100 °С, масло 132-10Д — для работы в электрически изолированных системах также в интервале —70... +100 °С.

Масло 7-50с-3 (ГОСТ 20734—75) — синтетическая жидкость, предназначенная для применения в различных гидравлических агрегатах и в гидравлических системах в диапазоне температур —60... +170 °С (кратковременно до 200 °С); рабочие давления до 21 МПа. Изготавливают из смеси полисилоксановой жидкости и органического эфира с добавлением противоизносной присадки и ингибиторов окисления.

Масло НГЖ-4 (ТУ 38 101740—80) — синтетическая взрывопожаробезопасная рабочая жидкость для гидравлических си-

стем. Представляет собой эфир фосфорной кислоты с композиционной присадкой — вязкостной, антиокислительной и антикоррозионной. Применяют в устройствах и механизмах, работающих в диапазоне температур $-55 \dots +125^\circ\text{C}$.

Жидкость НГЖ-4 имеет температуру самовоспламенения $650\text{--}670^\circ\text{C}$, медленно горит в пламени, не поддерживает горения и не распространяет пламя в отличие от нефтяных гидравлических жидкостей типа АМГ-10. Является хорошим пластификатором и растворителем для многих неметаллических материалов, поэтому при использовании последних в контакте с жид-

Таблица 3.19. Характеристики гидравлических масел 132-10, 132-10Д, 70-50с-3 и НГЖ-4

Показатель	132-10, 132-10Д	70-50с-3	НГЖ-4
Внешний вид	Прозрачная жидкость		
Цвет	—	Желтый	От фиолетового до синего
Вязкость кинематическая, мм ² /с:			
при 200 °С	—	$\geq 1,3$	—
при 20 °С	20—33	≥ 22	—
при 50 °С	≥ 10	—	$\geq 8,7$
при -55°C	≤ 1100	≤ 4200 (-60°C)	≤ 3900
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	130	200	165
застывания, не выше	-70	-70	-65
Содержание, %:			
механических примесей	Отсутствие	$\leq 0,002$	Отсутствие
воды	Отсутствие	—	$\leq 0,1$
водорастворимых кислот и щелочей	—	Отсутствие	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³	—	930—940	1060—1080
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,1	0,08

Примечания.

1. Для масла 132-10Д нормируют электрофизические показатели при $15\text{--}35^\circ\text{C}$ и относительной влажности 45—75%: удельное объемное электрическое сопротивление $>5,0 \cdot 10^{12}$ Ом·см, тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 3 МГц $<0,001$, диэлектрическая проницаемость при 3 МГц $<3,0$.

2. Термоокислительную стабильность и коррозионную активность масла 70-50с-3 оценивают при 200 °С (30 ч), а НГЖ-4 — при 100 °С (100 ч) соответственно. Показатели после окисления:

	70-50с-3	НГЖ-4
v_{20} , мм ² /с	≤ 26	—
v_{50} , мм ² /с	—	$\leq 10,5$
v_{200} , мм ² /с	$\leq 1,5$	—
v_{-50} , мм ² /с	≤ 4500	≤ 4500 (-55°C)
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,8	0,15
Коррозия поверхности металла, г/м ² , не более	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$

Таблица 3.20. Характеристики рабочих жидкостей для микрокриогенной техники

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	СМ-028	ВРЖ-1-1
Внешний вид	Прозрачная жидкость	
Цвет	Желто-коричневый с красно-фиолетовым оттенком	Коричневый
Вязкость кинематическая, мм ² /с:		
при 100 (200) °С	$\geq 11,0$	($\geq 2,5$)
при 20 °С	$\geq 190,0$	$\leq 55,0$
при -40°C	—	[*]
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	250
застывания, не выше	-32	-80
Содержание:		
воды, %, не более	0,05	Отсутствие
водорастворимых кислот и щелочей	—	Отсутствие
механических примесей	0,75	Отсутствие (0,15)
Щелочное (кислотное) число, мг КОН/г, не более	—	≤ 1
Испаряемость (200 °С, в течение 20 ч при барботаже азота), %	—	≤ 1
Коррозионная стойкость металлов*, г/м ² , не более	1,0	1,0

* Испытуемый металл — сплав Д-16 Бра Ж9/4, медь М-1, сталь 30ХГСА; условия испытания: 150 °С и 10 ч — в среде М-28, 200 °С и 100 ч — в среде ВРЖ-1-1.

костью НГЖ-4 следует тщательно проверять их совместимость или пользоваться только теми материалами, которые специально подобраны и рекомендованы для этой рабочей жидкости.

Масло СМ-028 (ТУ 38 1011056—86) — синтетическая жидкость на основе полигликолей с антиокислительной присадкой, предназначена для эксплуатации в микрокриогенных системах.

Масло ВРЖ-1-1 (ТУ 38 101923—82) — синтетическая высококипящая жидкость на основе олигоорганосилоксанов с антиокислительной присадкой. Предназначена для использования в микрокриогенных установках, работоспособна в интервале температур $-40 \dots +180^\circ\text{C}$.

Тормозные и амортизаторные жидкости

Тормозные и амортизаторные жидкости (табл. 3.21 и 3.22) являются особой группой жидких рабочих сред для гидравлических систем. Первые из них предназначены в качестве рабочей жидкости гидропривода тормозной системы автомобилей, вторые — в качестве жидкой среды в телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторах автомобилей.

Тормозные жидкости должны отличаться хорошими вязкостно-температурными и смазочными свойствами, обладать физической и химической стабильностью, а также быть инертными по отношению к металлам и особенно к резиновым и другим уплотнительным материалам деталей гидропривода тормозной системы.

Основные тормозные жидкости получают на базе растительных масел (чаще всего — касторового) или гликолей (двухатомных спиртов). В случае использования растительных масел вторым компонентом обычно является один из жирных спиртов, как правило, бутанол. Стремление к экономии натуральных жиров ведет к снижению в некоторых рецептурах доли касторового масла. В целях сохранения необходимого уровня вязкости изъятие части касторового масла компенсируют введением загущающих вязкостных присадок (например, винипола). Широко распространены тормозными жидкостями являются смесевые продукты БСК, ГТЖ-22, ГТЖ-22М, «Нева», «Томь».

Одной из наиболее важных и отличительных характеристик тормозных жидкостей, применяемых всесезонно, является показатель морозостойкости (или стабильности на холоде). По этому показателю регламентируют выдержку тормозной жидкости в течение определенного времени и при определенной низкой температуре без заметного расслоения (температура и время выдержки, как правило, указаны в ТУ на товарный продукт).

Таблица 3.21. Характеристики амортизаторных жидкостей АЖ-12Т, АЖ-170 и МГП-10

Показатель	АЖ-12Т*	МГП-10	АЖ-170
Вязкость кинематическая, мм ² /с:			
при 50 °С	≥12,0	≥10,0	170—180
при 100 °С	≥3,6	—	—
при —20 (—40) °С	(≤6500)	≤1000	—
Температура, °С:			
вспышки, не ниже	165	145	245
застывания, не выше	—52	—40	—60
Плотность при 20 °С, кг/м ³	—	930	980—1020
Стабильность против окисления:			
осадок после окисления, %	Отсутствие	—	—
кислотное число до (после) окис- ления, мг КОН/г, не более	0,04(0,1)	—	0,05
Содержание механических примесей и воды, %		Отсутствие	
Испытание на коррозию	Выдерживает		

* Прозрачная жидкость от светло-желтого до светло-коричневого цвета. Нормируют также: сопротивление набуханию резины марки ИРП-100 — ±2,0%; противозносовые и противозадирные свойства на ЧШМ — И₂ > 28, Р_{св} > 1196 Н, Р_х > 617 Н, D_н < 1,0 мм (196 Н, 1 ч); испаряемость при 100 °С < 0,1%.

Таблица 3.22. Характеристики тормозных жидкостей

Показатель	«Томь»	«Нева»	«Роса»	БСК
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость от светло-желтого до темно-желтого цвета, без осадка. Допускается слабая опалесценция			
Кинематическая вязкость, мм ² /с:				
при 50 °С, не менее	5,0	5,0	5,0	9,0
при 100 °С, не менее	2,0	2,0	2,0	5,5(70 °С)
при —40 °С, не более	1500	1500	1700	130(0 °С)
Низкотемпературные свойства:	Прозрачная жидкость без расслоения и осадка			
внешний вид после выдержки (6 ч, —50 °С)	35	35	20	—
Время прохождения пузырька воздуха через слой жидкости при опрокидывании сосуда, с, не более	205	190	260	115
Температура кипения, °С, не ниже	Отсутствие			
Содержание механических примесей, %	7,0—11,5	7—11,5	7,0—11,5	≥6
рН	7,0—11,5	7—11,5	7,0—11,5	≥6
Взаимодействие с металлами:				
изменение массы пластинок, мг/см ² , не более:				
белая жель	0,1	0,2	0,2	0,2
сталь 10	0,1	0,2	0,2	0,2
алюминевый сплав Д-16	0,1	0,1	0,1	0,1
чугун СЧ 18-36	0,1	0,2	0,2	0,2
латунь Л-62	0,4	0,5	0,4	0,4
медь М-1	0,4	0,5	0,4	0,4
Воздействие на резину, %:				
изменение объема резины марки 7-2462 при 70 °С	2—10	2—10	—	5—10
то же, марки 51-1524 при 120 °С	2—10	2—10	—	—
изменение предела прочности резины марки 51-1524, %, не более	20	25	—	—

Большее применение нашли тормозные жидкости на основе двухатомных спиртов — гликолевые смеси. Наиболее известные из них ГТЖ-22 (ТУ 6-01814—73) и аналогичный продукт с комплексом ряда функциональных присадок (антикоррозионных и противозносных) ГТЖ-22М.

Жидкость ГТЖ-22 имеет характерный зеленый цвет, плотность 1100—1110 кг/м³ и температуру застывания не выше —65 °С; хорошо растворяется в воде, ядовита.

Жидкость амортизаторная АЖ-12Т (ГОСТ 23008—78) — смесь нефтяного масла глубокой селективной очистки из сернистого сырья и полиэтилоксановой жидкости с противозносной и антиокислительной присадками. Применяют в качестве

рабочей жидкости в телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторах автомобилей.

Жидкость амортизаторная МГП (ОСТ 38 154—74) — стабильная смесь маловязкого низкозастывающего нефтяного масла и синтетической жидкости № 7 (полиэтилсилоксановой), в которую для улучшения эксплуатационных свойств введены: осеренный кашалотовый жир, полимерная депрессорная, а также антиокислительная и антипенная присадки. Применяют в качестве рабочей жидкости в гидравлических системах телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторов автомобилей.

Амортизаторная жидкость АЖ-170 — композиция полиэтилсилоксанов с хорошо очищенным нефтяным маслом. Применяют в гидравлических амортизаторах и других агрегатах, работающих в интервале температур $-60 \dots +130^\circ\text{C}$.

Жидкость тормозная «Нева» (ТУ 6-01-1163—78) — сложная композиция на основе этилкарбита с добавлением присадок, вязкостной (загущающей) и антикоррозионной. Токсична и огнеопасна. Предназначена в качестве рабочей среды для гидравлической системы привода тормозов и сцеплений автомобилей всех марок, кроме ГАЗ-24 при температуре окружающего воздуха $-50 \dots +50^\circ\text{C}$.

Жидкость тормозная «Томь» (ТУ 6-01-1276—82) состоит из этилкарбита, боратов, вязкостной и антикоррозионной присадок. Назначение такое же, как и жидкости «Нева».

Жидкость тормозная «Роса» (ТУ 6-05-221-569—84) — высокотемпературная гидротормозная жидкость, представляющая собой композицию на основе борсодержащих олигомеров алкиленоксидов, в которую введены антиокислительная и антикоррозионная присадки. Используют в тормозных гидравлических системах различных автомобилей в диапазоне температур окружающей среды $-50 \dots +50^\circ\text{C}$.

Гидротормозная жидкость БСК (ТУ 6-101533—75) — смесь равных частей касторового масла и бутанола. За счет органического красителя окрашена в оранжево-красный цвет. Применяют для гидропривода тормозных систем и сцеплений грузовых и легковых автомобилей, кроме автомобиля «Жигули». Рекомендована для эксплуатационных условий с температурами не ниже минус 20°C , т. е. в зонах умеренного климата.

В таком же относительно узком температурном диапазоне и также ограниченно могут применяться другие гидротормозные жидкости на основе касторового масла: АСК — с изопентанолом и ЭСК — с этанолом.

Глава 4

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА

В группу энергетических масел в Советском Союзе принято включать турбинные, электроизоляционные и компрессорные масла.

ТУРБИННЫЕ МАСЛА

Турбинные масла предназначены для смазывания и охлаждения подшипников различных турбоагрегатов: паровых и газовых турбин, гидротурбин, турбокомпрессорных машин. Эти же масла используют в качестве рабочих жидкостей в системах регулирования турбоагрегатов, а также в циркуляционных и гидравлических системах различных промышленных механизмов.

Общие требования и свойства

Турбинные масла должны обладать хорошей стабильностью против окисления, не выделять при длительной работе осадков, не образовывать стойкой эмульсии с водой, которая может проникать в систему смазки при эксплуатации, защищать поверхность стальных деталей от коррозионного воздействия. Перечисленные эксплуатационные свойства достигаются использованием высококачественных нефтей, применением глубокой очистки при переработке и введением композиций присадок, улучшающих антиокислительные, деэмульгирующие, антикоррозионные, а в некоторых случаях и противозносные свойства масел.

В соответствии с существующими правилами и техническими инструкциями качество турбинных масел в период их работы должно удовлетворять следующим требованиям:

	Масла для паровых турбин	Масла для гидротурбин
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5	0,6
Реакция водной вытяжки	Нейтральная (для масла Т ₂₂ , 0,03 (для масла Тп-22с)	Нейтральная
Содержание водорастворимых кислот, мг КОН/г, не более	0,03	—
Визуальное определение шлама, воды и механических примесей	Отсутствие	

Масла Т₂₂ и Тп22с, имеющие кислотное число более чем 0,1 мг КОН/г, не должны содержать растворенного шлама (осадка, выделяющегося при разбавлении масла бензином).

Ассортимент турбинных масел

Масла Т₂₂, Т₃₀, Т₄₆, Т₅₇ (ГОСТ 32—74) вырабатывают из высококачественных малосернистых беспарафинистых нефтей путем кислотной очистки с доочисткой землей. Необходимые эксплуатационные свойства масел достигаются выбором сырья и оптимальной глубиной его очистки. Различаются вязкостью и областями применения. Эти масла не содержат присадок.

Масло Т₂₂ предназначено для высокооборотных паровых турбин, а также турбокомпрессорных машин, центробежных компрессоров в тех случаях, когда вязкость масла обеспечивает необходимые противозадирные свойства.

Масло Т₃₀ используют для гидротурбин, низкооборотных паровых турбин, турбо- и центробежных компрессоров в паре с высокооборотными нагруженными редукторами.

Масло Т₄₆ используют главным образом в качестве основы для приготовления турбинного масла с присадкой олеиновой кислоты по ТУ 38 101251—72, а также для смазывания некоторых механизмов с циркуляционными системами.

Масло Т₅₇ предназначено к применению в судовых установках с тяжелонагруженными редукторами и вспомогательных механизмах.

Характеристики турбинных масел по ГОСТ 32—74 приведены в табл. 4.1.

Масло 46 (ТУ 38 101251—72) — получают на основе масла Т₄₆ по ГОСТ 32—74 с введением присадки — олеиновой кислоты, которая предохраняет металлические поверхности от коррозии при попадании в масло воды. Масло предназначено для применения в судовых паротурбинных установках (турбозубчатых агрегатах) и других вспомогательных судовых механизмах с гидروприводами (см. табл. 4.1).

Масло Тп-22с (ТУ 38 101821—83) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением очистки селективным растворителем. Содержит присадки, улучшающие антиокислительные, деэмульгирующие и антикоррозионные свойства. Применяют в тех же механизмах, что и масло Т₂₂, когда требуются улучшенные эксплуатационные свойства (см. табл. 4.1).

Масла Тп-30 и Тп-46 (ГОСТ 9972—74) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением очистки селективным растворителем. Содержат присадки, улучшающие антиокислительные, антикоррозионные и другие свойства масел. Области применения совпадают с областями применения масла Т₃₀ по ГОСТ 32—74 и масла 46 по ТУ 38 101251—72 (см. табл. 4.1).

Масло для судовых газовых турбин (ГОСТ 10289—62) — изготавливают из трансформаторного масла кислотной очистки по ГОСТ 982—80 или селективной очистки по ГОСТ 10121—76 с добавлением противозадириной и антиокислительной присадок.

Таблица 4.1. Характеристики турбинных масел

Показатель	Т ₂₂	Т ₃₀	Т ₄₆	Т ₅₇	Масло 46	Тп-22с	Тп-30	Тп-46
Вязкость кинематическая, мм ² /с при 50 °С	20,0—23,0	28,0—32,0	44,0—48,0	55,0—59,0	43,5—48,0	20,0—23,0	41,4—50,6*	61,2—74,8*
Идекс вязкости, не менее	70	65	60	70	—	90	90	90
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	180	180	195	195	195	186	190	220
застывания, не выше	—15	—10	—10	—	—10	—15	—10	—10
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,05	0,55	0,10	0,50	0,50
Стабильность против окисления: содержание осадка после окисления, %, не более	0,100	0,100	0,100	—	—	Отсутствие	0,005	0,008
кислотное число после окисления, мг КОН/г, не более	0,35	0,35	0,35	—	—	0,10	0,60	0,70
— содержание летучих низкомолекулярных кислот, мг КОН/г, не более	—	—	—	—	—	0,02	—	—
Стабильность против окисления в универсальном приборе: содержание осадка, %, не более	—	—	—	—	—	—	0,3	0,1
кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	—	—	—	—	0,40	1,50
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,010	0,030	0,030	0,005	0,005	0,005
Число деэмульсации, с, не более	300	300	300	300	300	180	210	180
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие							
Содержание серы, %, не более	—	—	—	—	—	0,5	1,0	1,1
Натровая проба, оптическая плотность в кювете 10 (20) мм не более	2,0	2,0	2,0	2,0	—	(0,4)	—	—
Коррозия на медных пластинках	Отсутствие				Отсутствие			

* При 40 °С.

Продолжение

Показатель	T ₂₂	T ₃₀	T ₄₆	T ₅₇	Масло 46	Tп-22с	Tп-30	Tп-46
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,5	3,0	4,5	—	2,5	4,0	5,5
Прозрачность при 0 °С	Прозрачно							
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	900	900	905	900	—	—	895	895

Примечания.

1. Для масел ТП-22с, Тп-30 и Тп-46 показатели натровая проба, цвет и содержание фенола нормируются в базовых маслах.

2. Окисление по ГОСТ 981—75 проводят в следующих условиях: для масел по ГОСТ 32—74 — 120 °С, 14 ч, расход кислорода 200 см³/мин; для Тп-22с — 130 °С 24 ч, расход О₂ 5 дм³/ч; для Тп-30 и Тп-46 — 120 °С, 14 ч, расход О₂ 200 см³/мин.

3. Окисление в универсальном приборе по ГОСТ 18136—72 проводят при 130 °С, расходе кислорода 5 дм³/ч в присутствии 3 м медной проволоки d=1,5—1,6 мм при длительности 24 ч для масла Тп-30 и 10 ч для Тп-46.

4. Для Тп-30, Тп-46 и Тп-22с нормируют: отсутствие фенола в базовом масле, механических примесей и коррозии на стальном стержне для товарных масел.

Предназначено для смазки и охлаждения редукторов и подшипников судовых газовых турбин. Характеристика масла приведена в табл. 4.2.

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА

Изоляционные масла, являясь жидкими диэлектриками, должны обеспечивать изоляцию токонесущих частей электрооборудования (трансформаторов, конденсаторов, кабелей и др.), служить теплоотводящей средой, а также способствовать быстрому гашению электрической дуги в выключателях. К этой группе масел относят трансформаторные, конденсаторные и кабельные масла и масло для выключателей.

Таблица 4.2. Характеристика масла для судовых газовых турбин

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 50 °С	7,0—9,6	Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие
при 20 °С	≤30	Температура, °С: вспышки в закрытом тигле	≥135
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,02	застывания	≤45
Стабильность, показатели после окисления: содержание осадка, %	≤0,2	Натровая проба, оптическая плотность в кювете 10 мм	≤2
кислотное число, мг КОН/г	≤0,65	Прозрачность при 5 °С	Прозрачно
Зольность, %	≤0,005	(без присадки)	

Трансформаторные масла

Трансформаторные масла применяют для заливки силовых и измерительных трансформаторов, реакторного оборудования, а также масляных выключателей. В последних аппаратах масла выполняют функции дугогасящей среды.

Общие требования и свойства

Электроизоляционные свойства масел определяются в основном тангенсом угла диэлектрических потерь. В трансформаторных маслах механические примеси и вода должны полностью отсутствовать. Низкая температура застывания масел (—45 °С и ниже) необходима для сохранения их подвижности в условиях низких температур. Для обеспечения эффективного отвода тепла трансформаторные масла должны обладать небольшой вязкостью (верхний предел 9 мм²/с при 50 °С) при температуре вспышки не ниже 135 и 150 °С для разных марок.

Наиболее важное свойство трансформаторных масел — стабильность их против окисления, т. е. способность масла сохранять параметры при длительной работе. В Советском Союзе все сорта применяемых в трансформаторах масел ингибированы антиокислительной присадкой ионол. Эффективность действия присадки основана на ее способности взаимодействовать с активными пероксидными радикалами, которые образуют при цепной реакции окисления углеводородов. Трансформаторные масла, ингибированные ионолом, окисляются, как правило, с ярко выраженным индукционным периодом. Это означает, что в первый период масла, восприимчивые к присадкам, окисляются крайне медленно, так как все зарождающиеся в объеме масла цепи окисления обрываются ингибитором окисления. После истощения присадки масло окисляется со скоростью, близкой к скорости окисления базового масла. Действие присадки тем эффективнее, чем длительнее индукционный период окисления масла, а эффективность определяется углеводородным составом масла и наличием примесей неуглеводородных соединений, промотирующих окисление масла (азотистых оснований, нефтеных кислот, кислородсодержащих продуктов окисления масла).

На рис. 53 представлены зависимости стабильности против окисления от состава трансформаторных масел (условия окисления в аппарате, регистрирующем количество поглощаемого маслом кислорода: 130 °С, катализатор — медная проволока из расчета 1 см² поверхности на 1 г масла, окисляющий газ — кислород в статических условиях).

Снижение содержания ароматических углеводородов, как и удаление неуглеводородных включений, повышает стабильность ингибированного ионолом трансформаторного масла.

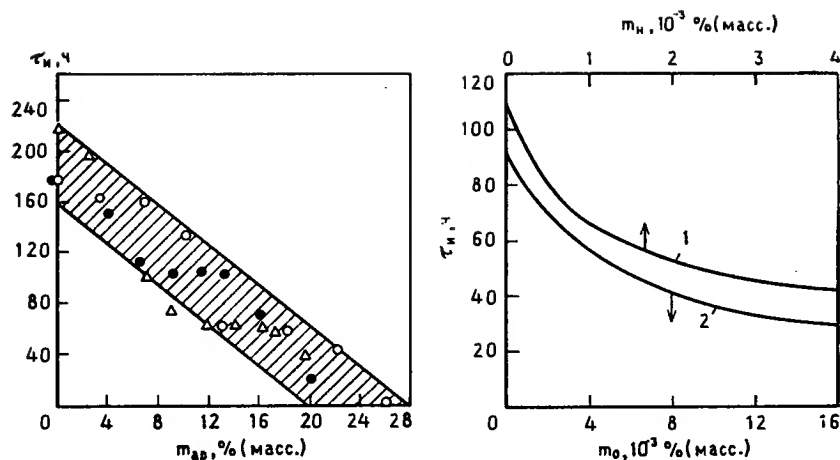


Рис. 53. Зависимость антиокислительной стабильности — индукционного периода окисления $\tau_{\text{и}}$ ингибированных нонолом трансформаторных масел от содержания ароматических углеводородов $m_{\text{ар}}$:
 ○ — аястасьевской нефти; ● — бузовнической нефти; △ — бакинских парафинистых нефтей

Рис. 54. Зависимость индукционного периода окисления $\tau_{\text{и}}$ трансформаторного масла, содержащего 0,2% нонола и 10% ароматических углеводородов, от содержания нафтеновых кислот (1) $m_{\text{н}}$ и азотистых оснований $m_{\text{б}}$ (2)

Влияние неуглеводородных включений на стабильность трансформаторного масла показано на рис. 54. Окисление масел носит характер разветвленной цепной реакции, способной к автокаталитическому ускорению. Накапливающиеся в масле продукты окисления способны усиливать цепную реакцию за счет разложения на радикалы (к таким продуктам, например, относятся гидропероксиды) или путем образования растворенных в масле соединений металлов, которые способны катализировать разложение гидропероксидов. При удалении из масла продуктов окисления срок их службы увеличивается во много раз. Этой цели служат адсорберы, заполненные силикагелем, подключаемые к трансформаторам при эксплуатации.

Трансформаторные масла работают в условиях сравнительно «мягких» температур. Как правило, температура верхних слоев масла в трансформаторах даже при кратковременных нагрузках не превышает 95 °С. Трансформаторные масла должны иметь бессменный срок службы 20—25 лет, что достигается:

оборудованием трансформаторов термосифонными фильтрами (адсорберами), обеспечивающими непрерывную регенерацию масел в процессе эксплуатации;

изоляция масла от контакта с кислородом воздуха с помощью пленочных диафрагм и азотной защиты;

разработкой новых сортов масел с повышенной стабильностью против окисления.

Срок службы трансформаторных масел в значительной мере зависит от использования в оборудовании материалов, совместимых с маслом, т. е. не ускоряющих его старение и не содержащих нежелательных примесей.

Перед заполнением электроаппаратов масло подвергают глубокой термовакуумной обработке. Концентрация воздуха в заливаемом масле не должна превышать 0,1%, а содержание воды 0,001%. При этом показатели пробивного напряжения в зависимости от рабочего напряжения оборудования должны быть равны (кВ):

До 15 (включительно)	30
Свыше 15 до 35 (включительно)	35
От 60 до 220 (включительно)	45
От 330 до 500 (включительно)	55
От 750	65

Непосредственно после заливки масла в оборудование, допустимые значения пробивного напряжения на 5 кВ ниже, чем у масла до заливки. В процессе эксплуатации допускается снижение пробивного напряжения еще на 5 кВ.

В силовые трансформаторы напряжением до 220 кВ включительно после капитального ремонта допускается заливать эксплуатационное трансформаторное масло с кислотным числом не более 0,1 мг КОН/г и тангенсом угла диэлектрических потерь не более 7%. Но оно не должно содержать шлам и механические примеси и должно удовлетворять нормам по содержанию водорастворимых кислот и по пробивному напряжению.

Эксплуатационное трансформаторное масло должно удовлетворять следующим требованиям:

Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,25
Содержание водорастворимых кислот, мг КОН/г, не более:	
для трансформаторов мощностью > 630 кВА и для маслянаполненных герметичных вводов	0,014
для негерметичных вводов напряжением до 500 кВ включительно	0,03
для трансформаторов мощностью ≤ 630 кВА включительно	Не определяется
Снижение температуры вспышки по сравнению со свежим маслом, °С, не более	5
Тангенс угла диэлектрических потерь при 70 °С, %, не более	7
Растворенный шлам (бензиновая проба) для силовых трансформаторов напряжением ≥ 500 кВ при кислотном числе масла ≤ 0,15 мг КОН/г	Отсутствие

Согласно действующим правилам технической эксплуатации станций и сетей сорбенты в термосифонных и адсорбционных фильтрах трансформаторов следует заменять при превышении

кислотного числа масла значения 0,1 мг КОН/г, а для трансформаторов мощностью >630 кВА при том же кислотном числе или при содержании водорастворимых кислот >0,014 кг КОН/г. Содержание влаги в сорбенте перед загрузкой в фильтры не должно превышать 0,5 %.

Ассортимент трансформаторных масел

Нефтеперерабатывающая промышленность выпускает шесть сортов трансформаторных масел. Они различаются по используемому сырью и способу получения. Характеристики масел приведены в табл. 4.3.

Масло ТКп (ТУ 38 101890—81) вырабатывают из малосернистых нефтей методом кислотно-щелочной очистки. Содержит присадку ионол. Рекомендуемая область применения — оборудование напряжением до 500 кВ включительно.

Масло адсорбционной очистки (ТУ 38 101281—80) получают из малосернистых беспарафинистых нефтей методом адсорбционной очистки в движущемся слое адсорбента. Для повышения стабильности против окисления к маслу добавляют присадку ионол. Рекомендуемая область применения — оборудование напряжением до 220 кВ включительно.

Масло селективной очистки (ГОСТ 10121—76) производят из сернистых парафинистых нефтей методом фенольной очистки с последующей низкотемпературной депарафинизацией; содержит присадку ионол. Рекомендуемая область применения — оборудование напряжением до 220 кВ включительно.

Масло Т-750 (ГОСТ 982—80) вырабатывают из малосернистых беспарафинистых нефтей методом кислотно-щелочной очистки. Содержит присадку ионол и предназначено для электрооборудования напряжением до 750 кВ включительно.

Масло Т-1500 (ГОСТ 982—80) вырабатывают из малосернистых парафинистых нефтей методом карбамидной депарафинизации с последующей кислотно-щелочной очисткой. Содержит присадку ионол и предназначено для электрооборудования напряжением до 1500 кВ.

Масло ГК (ТУ 38 1011025—85) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей с использованием процесса гидрокрекинга. Содержит присадку ионол, обладает высокой стабильностью против окисления и рекомендовано к применению в электрооборудовании высших классов напряжений.

Масла для выключателей

Применяемые в выключателях масла выполняют функции электроизолирующей и дугогасящей среды. Возникающая при размыкании электродов электрическая дуга приводит к интенсивному крекингу углеводородов масла с образованием газов, обогащен-

Таблица 4.3. Характеристики трансформаторных масел

Показатель	ТКп	Масло адсорбционной очистки, категории качества		Масло селективной очистки	Т-750	Т-1500	ГК
		высшей	первой				
Вязкость кинематическая, мм ² /с:							
при 50 °С	≤9	6,5—9,0	6,5—9,0	≤9	≤8	≤8	9
при 20 °С, не более	—	30	30	28	—	—	—
при —30 °С, не более	1500	1150	—	1300	1600	1100	1200
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,015	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Температура, °С:							
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135	135	135	150	135	135	135
застывания, не выше	—45	—50	—45	—45	—55	—45	—45
Содержание: водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	—	Отсутствие			
механических примесей фенола	—	—	—	Отсутствие	—	—	—
Стабильность, показатели после окисления, не более:							
содержание осадка, %, не более	0,01	0,005	0,008	Отсутствие			0,015
содержание летучих низкомолекулярных кислот, мг КОН/г	0,005	0,003	0,005	0,005	0,04	0,04	0,04
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,10	0,04	0,05	0,10	0,15	0,20	0,10
Стабильность по методу МЭК, ч, не менее	—	—	—	—	—	—	150
Тангенс угла диэлектрических потерь при 90 °С, %, не более	2,2	0,3	0,5	1,7	0,5	0,5	0,5
Прозрачность при 5 °С	Прозрачно	Прозрачно	(20 °С)	Прозрачно			
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	—	—	—	1,0	1,5	1,0
Зольность, %, не более	—	0,005	0,005	0,005	—	—	—

Продолжение

Показатель	ТКп	Масло адсорбционной очистки, категории качества		Масло селективной очистки	Т-750	Т-1500	ГК
		высшей	первой				
Натровая проба, оптическая плотность в кювете 20 мм, не более	0,4	—	—	0,4	0,4	0,4	—
Коррозия на медной пластинке	Отсутствие	—	—	—	Отсутствие		
Показатель преломления, не более	1,4950	—	—	—	—	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	895	—	—	—	895	885	895

Примечание. Содержание серы в масле селективной очистки — не более 0,6%.

ных водородом. Интенсивный отвод тепла, осуществляемый этими газами, ускоряет гашение дуги. Масла, применяемые в выключателях, должны обладать небольшой вязкостью при рабочих температурах, в противном случае снижается скорость разведения электродов и чрезмерно повышается давление газов в рабочей камере.

Масло МВ (ТУ 38 101857—80) получают из малосернистых беспарафинистых нефтей методом кислотно-щелочной очистки. Оно содержит 0,2% ионола и предназначено для применения в выключателях наружной установки, не имеющих подогрева в зимнее время. Характеристика масла приведена в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Характеристики масла для выключателей МВ

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость кинематическая, мм²/с: при 50 °С при —50 °С	≥2 ≤140	Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие
Кислое число, мг КОН/г	≤0,02	Стабильность, показатель после окисления:	Отсутствие ≤0,1
Температура, °С: вспышки в открытом тигле	≥94	содержание осадка кислотное число, мг КОН/г	
застывания	≤—70	Тангенс угла диэлектрических потерь при 90 °С, %	
Коррозия на медных пластинках	Выдерживает		≤0,5

Конденсаторные масла

Конденсаторные масла применяют для заливки и пропитки изоляции бумажно-масляных конденсаторов, используемых в электро- и радиотехнике. Особенно важны для этих масел хорошие диэлектрические свойства, которые обеспечиваются высоким удельным электрическим сопротивлением и низким тангенсом угла диэлектрических потерь при частотах 50 и 1000 Гц. Существенно важным показателем качества конденсаторных масел является их стабильность против окисления.

Конденсаторные масла в соответствии с ГОСТ 5775—85 вырабатывают двух марок: из малосернистых беспарафинистых нефтей методом кислотно-щелочной очистки и из сернистых парафинистых нефтей методом фенольной очистки и низкотемпературной депарафинизации (это масло содержит присадку—0,2% ионола). Характеристики масел приведены в табл. 4.5.

Кабельные масла

Кабельные масла служат пропиточной и изолирующей средой в маслонаполненных кабелях. Они должны обладать хорошими диэлектрическими свойствами, которые оценивают низким тангенсом угла диэлектрических потерь и высокой диэлектрической прочностью. Длительная эксплуатация масел без изменения диэлектрических свойств обеспечивается их высокой стабильностью. Характеристики кабельных масел приведены в табл. 4.6.

Масло КМ-25 (ТУ 38 101449—84) получают методом фенольной очистки. Предназначено для варки пропиточных масс силовых кабелей напряжением 1—35 кВ с бумажной изоляцией.

Таблица 4.5. Характеристики конденсаторных масел

Показатель	Масло сернокислотной очистки	Масло фенольной очистки
Плотность при 20 °С, кг/м³		860—865
Вязкость кинематическая, мм²/с, не более: при 20 °С при 50 °С	45,0 12,0	30,0 9,0
Кислое число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02
Показатель преломления, не более	—	1,4790
Зольность, %, не более	Отсутствие	0,005
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле, не ниже застывания, не выше	135 —14	150 —45
Содержание: водорастворимых кислот и щелочей механических примесей	Отсутствие	—
серы, %	—	0,7—0,8
фенола	—	Отсутствие

Таблица 4.6. Характеристики кабельных масел

Показатель	КМ-25	С-220	МН-4
Вязкость кинематическая, мм ² /с:			
при 100 °С	≥23	≥11	—
при 50 °С	—	≥50	≤10
при 20 °С	—	≤800	≤40
при 0 °С	—	≤500	≤110
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,06	0,02	0,04
Зольность, %, не более	0,007	0,0001	0,005
Температура, °С:			
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	(225)	180	135
застывания, не выше	—10	—30	—45
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей воды	Следы	Отсутствие	
Натровая проба, баллы, не более	—	—	1
Прозрачность при 5 °С	—	Прозрачно	
Электрическая прочность (50 Гц, 20 °С) кВ/см, не менее	150	210	180
Тангенс угла диэлектрических потерь при 100 °С, не более:			
в исходном состоянии	0,01	0,002	0,003
после старения — медь, 300 ч, 120 °С	—	0,009	—
после старения — 96 ч, 115 °С	—	—	0,002
Реакция Настюкова	Отрицательная		

Примечания.

1. Для масла КМ-25 нормируется также: коксуемость ≤0,6%, прозрачность при 13 °С, удельное объемное электрическое сопротивление (100 В, 100 °С) <2,0·10¹² Ом·см.

2. Для масла МН-4 нормируется также: коррозия на медной пластинке (100 °С, 3 ч) — выдерживает; стабильность, показатели после окисления: осадок <0,2%, кислотное число <0,1 мг КОН/г; температура растворения масла в анилине 72–75 °С.

Масло С-220 (ГОСТ 8453—76) применяют для заливки кабелей высокого давления. Масло характеризуется высокой вязкостью, низким значением тангенса угла диэлектрических потерь и высокой стабильностью диэлектрических свойств в процессе старения. Такое сочетание достигается глубокой перколяционной очисткой авиационных масел — до полного удаления ароматических углеводородов. Полиоту удаления ароматических углеводородов контролируют формалитовой реакцией (реакция Настюкова).

Масло МН-4 (ТУ 38 101654—76) получают глубокой очисткой дистиллята анастасьевской нефти. Для улучшения стабильности против окисления в масло добавляют присадку нонол. Употребляют для маслonaполненных кабелей низкого и среднего давления, а также для соединительных муфт подпитывающей аппаратуры.

КОМПРЕССОРНЫЕ МАСЛА

В зависимости от областей применения и предъявляемых требований компрессорные масла подразделяют на классы:

- для поршневых и ротационных компрессоров,
- для турбокомпрессорных машин,
- для холодильных компрессоров.

Масла для поршневых и ротационных компрессоров

Масла этого класса широко применяют для смазывания компрессоров, эксплуатируемых в различных отраслях промышленности и на транспорте. В поршневых и ротационных компрессорах смазочное масло находится в прямом соприкосновении с сжатым газом, имеющим высокую температуру. Состав и свойства газа в значительной степени определяют требования к маслу и его работоспособность.

В поршневых компрессорах масла применяют для смазывания цилиндров и клапанов, а также в качестве уплотняющей среды для герметизации камеры сжатия. Детали механизма движения обычно смазывают индустриальными маслами. В компрессорах с единой системой смазки цилиндров и механизма движения применяют только компрессорные масла.

В соответствии с правилами*, утвержденными Госгортехнадзором СССР, температура воздуха после каждой ступени сжатия воздушных компрессоров не должна быть выше 170 °С для общепромышленных компрессоров и выше 180 °С для компрессоров технологического назначения. В таких условиях основным эксплуатационным свойством масел, влияющим на долговечную, эффективную и безопасную работу компрессоров, является их термоокислительная стабильность и способность предотвращать или сводить к минимуму образование коксообразных масляных отложений в нагнетательных линиях компрессоров. Основной причиной пожаров, возникающих в смазываемых маслом компрессорах, является образование твердых продуктов распада и уплотнения масла при его эксплуатации, иногда по аналогии с отложениями в двигателе, называемых нагаром.

Требования к термической стабильности компрессорных масел возрастают в зависимости от температуры нагнетания компрессора. При этом следует учесть, что в настоящее время за рубежом и в СССР выпускают поршневые теплонапряженные компрессоры с температурой нагнетания до 220 °С.

Ниже показана окисляемость товарных компрессорных масел (числитель — кислотное число после окисления, в мг КОН/г,

* «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов» от 7.12.1971 г.

знаменатель — осадок после окисления, в %) в зависимости от температуры под воздействием воздуха (определение проведено на аппарате ДК-3, время окисления 50 ч):

Масло	140 °С	170 °С	200 °С
КС-19	1,16/Отсутствие	1,51/Отсутствие	2,50/0,02
К-19	0,82/0,40	1,44/1,2	3,88/4,80

Применительно к компрессорным машинам вязкость является одной из основных эксплуатационных характеристик масла. От вязкости зависят потери энергии на трение, износ трущихся деталей, уплотнение поршневых колец, быстрота запуска компрессора, температура трущихся деталей. Вязкость компрессорных масел от температуры меняется следующим образом:

Масло	100 °С	50 °С	40 °С
Кп-8С	6,7	30,0	44,7
КЗ-10	9,3	52,5	78,6
К-12	11,4	76,1	126,8
К-19	17,9	126,8	227,9
КС-19	18,6	157,1	272,9

Образование отложений кокса при применении смазочных масел наряду с термической стабильностью масла зависит также от его вязкости. Масло более низкой вязкости быстрее движется по нагнетательному тракту компрессора и образует меньше отложений в системе нагнетания. В соответствии с правилами техники безопасности эксплуатации стационарных воздушных компрессоров (стандарт ISO 5388), для компрессоров, смазываемых маслом, отложения кокса должны своевременно удаляться. Частота проверок и сроки очистки зависят от качества масла, но чтобы слой отложений между чистками не превышал следующих значений при указанном эффективном давлении: $\leq 1,0$ МПа — 3 мм, 1,0...3,0 МПа — 2 мм, 3,0...5,0 МПа — 1 мм. Следует иметь в виду, что существующее мнение о связи температуры вспышки масла с его безопасной эксплуатацией является неверным. Высокая температура вспышки масел не гарантирует большей безопасности их применения по сравнению с маслами, имеющими меньшую температуру вспышки. Для поршневых компрессоров более важна температура самовоспламенения компрессорных масел, которая для дистиллятных масел с низкой температурой вспышки выше, чем для остаточных высоковязких масел.

В табл. 4.7 представлены результаты определения эксплуатационных свойств компрессорных масел без присадок КС-19 и К-19 и перспективного масла с присадками КЗ-10. Видны преимущества перспективного масла по потребляемой мощности, массе отложений на нагнетательных клапанах при примерно равных смазывающих свойствах. Следует отметить, что применение маловязких масел предъявляет повышенные требования

Таблица 4.7. Эксплуатационные свойства компрессорных масел при стендовых испытаниях*

Масло	Потеря массы (средняя) поршневого кольца, мг	Раднальный износ зеркала цилиндра, мкм	Масса отложенная на нагнетательных клапанах, мг	Потребляемая мощность, кВт
КС-19	2,8/12,5	17,8/24,7	—/5,08	3,80/7,80
К-19	3,3/17,9	21,0/28,9	—/6,24	3,83/7,85
КЗ-10	3,1/17,5	16,1/22,5	—/2,64	3,60/7,48

* В числителе — для двухступенчатого компрессора КВД-Г, в знаменателе — для трехступенчатого компрессора КЗ-150. Прочерк означает, что данный показатель не определялся.

к конструкции компрессора и в некоторых случаях может привести к повышенному расходу масла.

Смазывающие свойства компрессорных масел в ряде случаев определяют на четырехшариковой машине трения (ГОСТ 9490—75). Диаметр пятна износа товарных компрессорных масел без присадок составляет для масла К-19 — 0,85 мм, а для масла КС-19 — 0,72 мм в то время как для перспективного масла с присадками КЗ-20 он равен 0,4 мм.

Сроки службы масел в циркуляционных системах поршневых компрессоров зависят от качества масел и условий эксплуатации. Рекомендуются пользоваться следующими предельными нормами: кислотное число не более 0,5 мг КОН/г, увеличение вязкости против исходной не более 25%.

Система обозначений и ассортимент

В основу классификации перспективных масел для воздушных и газовых поршневых компрессоров положена температура нагнетания и условия применения. Масла разделяют на группы:

первая — компрессоры, работающие при умеренных режимах, сжимающих воздух и другие нерастворимые в масле газы при температуре нагнетания ≤ 160 °С;

вторая — то же, при температуре нагнетания ≤ 180 °С;

третья — компрессоры, работающие при тяжелых условиях при температуре нагнетания ≤ 200 °С;

четвертая — компрессоры высокого давления, работающие в особо тяжелых условиях при температуре нагнетания > 200 °С.

В соответствии с классификацией масла маркируют следующим образом. Буква «К» означает принадлежность к компрессорным маслам. Группа масла указывается цифрой после «К», за исключением первой группы. Затем после дефиса следует цифра, соответствующая кинематической вязкости при 100 °С.

Примеры обозначения: масло К-12 — компрессорное, относится к первой группе классификации, вязкостью при 100 °С

Таблица 4.8. Характеристики компрессорных масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Масла без присадок						Масла с присадками			
	НКМ-40	К-12	К-19	КС-19	К-28	Кп-8с	КЗ-10	КЗ-20	К4-20	
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 100 °С	—	11—14	17—21	18—22	26—30	6,5—9	8,8—10,5	17—23	19,5—22	
при 40 °С	36—41*	—	—	—	380—540	41,4—50,6	73,7—96,2	—	—	
Индекс вязкости, не менее	—	—	—	92	80	95	90	85	85	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,01	0,15	0,10	0,02	0,04	0,05	0,2	0,7	—	
Коксуемость, %, не более	—	0,3	0,5	0,5	0,5	0,05	0,20	0,4	—	
Зольность, %, не более	—	0,015	0,010	0,005	—	0,005	—	0,120	0,50—0,80	
Содержание, %, не более: водорастворимых кислот и щелочей	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
механических примесей	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
серы	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Стабильность, показателем после окисления: содержание осадка, %, не более	—	0,3	0,3	1,0	0,8	0,5	0,65	0,32	—	
кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,25	0,002	Отсутствие	0,01	0,02	1,5**	—	—	
Температура, °С: вспышки в открытом (закрытом) тигле, не ниже	(190)	216	245	260	275	200	205	250	225	
Коррозия	—10	—25	—5	—15	—10	—15	—10	—15	—15	
на пластинках из стали	—	Выдерживает	—	—	Выдерживает	—	Выдерживает	—	—	
на пластинках из свинца, г/см ²	—	—	—	≤10	—	—	—	[*]	10	
на пластинках из меди	—	—	—	—	Выдерживает	—	—	—	—	
на стальных стержнях	—	—	—	—	Отсутствие	—	—	—	—	
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	880	—	—	905	—	885	900	900	900	
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	—	—	—	2,5	6,5	—	—	

* При 50 °С.

** Коксуемость, % (не более).

Примечания.

1. Стабильность против окисления по ГОСТ 981—75 для масел Кп-8с, Кп-8с с повышенной стабильностью и масла КЗ-10 и масла КЗ-20 определяют при следующих условиях:

	Кп-8с	Кп-8с с повышенной стабильностью	КЗ-10	КЗ-20
Расход кислорода, мл/мин	50	50	50	50
τ, ч	35	25	25	25
t, °С	140±0,5	150±0,5	140±0,5	140±0,5

2. Стабильность против окисления масла КЗ-10 определяют по стандарту ISO 6617 ч. 1: после окисления определяют коксуемость до и после окисления.

3. При определении стабильности против окисления масла КЗ-20 и окисленным образце масла определяют коксуемость, %. Этот показатель не нормируется, но его определение обязательно.

12 мм²/с; К4-20 — масло компрессорное, относится к четвертой группе классификации вязкостью при 100 °С 20 мм²/с.

Характеристики компрессорных масел приведены в табл. 4.8.

Компрессорные масла без присадок

Масло НКМ-40 (ТУ 38 101434—79) — нефтяное компрессорное масло получают путем сульфирования газообразным триоксидом серы и контактной доочистки нефтяного масла селективной очистки. Предназначено для смазывания компрессорных машин производства полиэтилена.

Масло К-12 (ГОСТ 1861—73) — дистиллятное масло, вырабатываемое из малосернистых нефтей методом селективной очистки и гидроочистки. Содержит депрессорную присадку. Применяют для смазывания поршневых компрессоров низкого и среднего давления при температуре окружающего воздуха до —25 °С.

Масло К-19 (ГОСТ 1861—73) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров среднего и высокого давления технологических установок, где требуются масла с низким содержанием серы.

Масло КС-19 (ГОСТ 9243—75) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей методом селективной очистки. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров среднего и высокого давления.

Масло К-28 (ОСТ 38 012282—82) вырабатывают из смеси волгоградских и шаймских малосернистых нефтей методом селективной очистки. Применяют для смазывания многоступенчатых поршневых компрессоров высокого давления, в том числе для компрессоров воздухоразделительных установок.

Компрессорные масла с присадками

Масло КЗ-10, перспективная марка (ТУ 38401724—88) вырабатывают из смеси малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит композицию присадок, снижающих образование отложений кокса на нагнетательной линии компрессора, а также улучшающих антиокислительные, антикоррозионные, смазывающие и антипенные свойства. Предназначено для смазывания поршневых теплонапряженных компрессоров с температурой нагнетания до 200 °С, а также ротационных компрессоров, где необходимы повышенные смазывающие свойства.

Масло К4-20 (ТУ 38 101759—78) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит присадки, улучшающие смазывающие, диспергирующие и антипенные свойства, а также повышающие термическую стабильность. Предназначено для смазывания корабельных воздушных поршневых компрессоров высокого давления с единой системой смазки цилиндров и механизма движения.

Масло КЗ-20, перспективная марка (ТУ 38 401700—88) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит композицию присадок, снижающих образование отложений кокса на нагнетательной линии компрессора, а также улучшающих смазывающие и антипенные свойства. Предназначено для смазывания теплонапряженных поршневых компрессоров высокого давления.

Масла для турбокомпрессоров

Для смазывания центробежных и турбокомпрессорных машин в основном применяют турбинные масла, среди которых наиболее распространено для этой цели масло Тп-22с. В турбокомпрессорах, спаренных с высоконагруженными редукторами, условия работы часто диктуют применение более вязкого, специально разработанного компрессорного масла Кп-8с (ТУ 38401641—87). Это — дистиллятное масло с композицией присадок, улучшающих его эксплуатационные свойства. Масло отличается способностью беспрерывной работы (16 000 ч и более) в циркуляционных системах компрессоров без образования заметных отложений, увеличения кислотного числа и числа деэмульсации. Оно защищает поверхность черных металлов от коррозии при случайном обводнении, обладает большей устойчивостью, чем турбинные масла, к образованию нерастворимого осадка при контакте его с воздухом в присутствии аммиака. Последнее свойство особенно важно для применения масла в аммиачных компрессорах. Помимо центробежных компрессоров масло рекомендуется к применению также в винтовых компрессорах, где к маслу предъявляют повышенные требования по термической стабильности, деэмульгирующим и антикоррозионным свойствам.

Сравнительные данные по окислению масел турбинного Тп-22с и компрессорного Кп-8с при температуре 130 °С в течение 40 ч с подачей 1 дм³/ч кислорода, насыщенного аммиаком, приведены ниже (показатели после окисления):

	Кислотное число, мг КОН/г	Осадок, %
Тп-22с	0,25	0,05
Кп-8с	0,10	0,013

По результатам эксплуатационных испытаний и лабораторных исследований масел Кп-8с и Тп-22с на центробежных компрессорах отечественного производства и импортных поставок разработаны (ВНИИ НП и НИИ турбокомпрессоров, г. Казань) предельные значения физико-химических показателей качества масел, превышение которых отрицательно влияет на состояние узлов трения и работу компрессоров. Нормы основаны на том, что сроки службы масла определяются не временем их эксплуатации в циркуляционных системах центробежных ком-

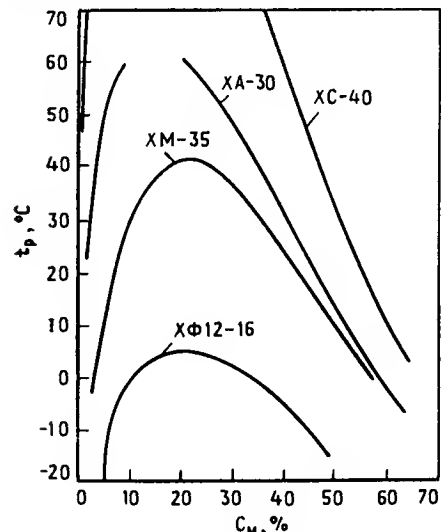
рессоров, а степенью фактического «старения» масла, что контролируется для каждого компрессора по данным физико-химического анализа:

Показатель	Максимально допустимое значение
Кислотное число, мг КОН/г	0,2
Содержание, %:	
воды	0,05
осадка, нерастворимого в бензине-растворителе*	0,05
Отклонение вязкости кинематической от вязкости свежего масла, %	±15

* Определяют по ГОСТ 981—75 при кислотном числе масла $\geq 0,1$ мг КОН/г.

Масла для компрессоров холодильных машин

К компрессорным маслам для холодильных машин предъявляют специфические требования, обусловленные непрерывным контактом смазывающего материала с хладагентом, а также постоянным изменением температуры и давления среды. Для компрессоров холодильных машин рекомендуется применять минеральные и синтетические масла с достаточно низкой температурой застывания и высокой антиокислительной стабильностью. При использовании в качестве хладагентов галогенопроизводных углеводородов жирного ряда необходимо учитывать химическое взаимодействие между хладагентом и маслом, усиливающегося с повышением температуры, а также их взаимную растворимость. Жесткие требования предъявляют к температурам помутнения и хлопьеобразования масла в смеси с хладагентом.



Температура помутнения, т. е. температура, при которой наблюдается незначительное выпадение кристаллов парафина, для масел в смеси с хладагентом R-12 составляет: для масла ХФ 12-16 — минус 32 °С, для масла ВНИИ НП ХС-40 — минус 34 °С.

Температура хлопьеобразования — та температу-

Рис. 55. Кривые растворимости холодильных масел с хладоном R-22:

t_p — температура полного растворения;
 C_m — содержание масла в смеси

Таблица 4.9. Характеристики масел для компрессоров холодильных машин

Показатель	ХМ-35	ХА-30	ХФ 12-16	ХФ 22-24	ХФ 22С-16	ВНИИ НП ХС-40
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 20 °С	—	≤ 150	≥ 17	—	—	—
при 50 °С	32—37 0,03	28,0—32,0 0,05	≥ 16 0,02	24,5—28,4 0,04	≥ 16 0,35	37,0—42,0 0,02
Кислотное число мг КОН/г, не более	—	0,02	0,005	—	0,02	—
Стабильность, показатель после окисления:	—	0,5	0,04	—	0,4	—
содержание осадка, не более	—	0,004	—	—	—	0,02
Зольность, %, не более	0,005	—	—	—	—	—
Испытание на коррозию	—	—	Отсутствует	—	—	—
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды	—	—	Выдерживает	—	—	—
Температура, °С:						
вспышки, в открытом тигле, не ниже	190	185	174	130	225	200
застывания, °С, не выше	—37	—38	—42	—55	—58	—45

Примечания.

1. При окислении масла по ГОСТ 981—75 в прибор опускают два шарика $d=5 \pm 0,1$ мм: один из низкоуглеродистой стали (ГОСТ 380—79), другой из меди М0к или М1к (ГОСТ 859—78) и выдерживают их 14 ч при 140 °С, непрерывно пропуская через масло воздух со скоростью 50 мл/мин.
2. При испытании масла ХА с медной пластиной допускается незначительная «поблужасть». Масла ХА-23, ХС-30 и ХС-40 испытывают на пластинках из стали марки 40 или 50 (ГОСТ 1050—74), ХФ2С-16 — из стали марки 20 (ГОСТ 1050—74).
3. Определение температуры помутнения смеси масла с хладоном-12. Масло помещают в стеклянную пробирку с двойными стенками и подвергают термической обработке в водяной бане с температурой $50 \pm 0,5$ °С. Выдерживают до тех пор, пока температура масла не достигнет 50 ± 1 °С. Затем масло наливают в пробирку, охлаждающую смесь кольцевой мешалкой до полного растворения масла в хладагенте. Когда раствор станет прозрачным, пробирку помещают в охлаждающую баню и наблюдают помутнение через каждый градус, отсчитывая температуру, при которой начнется незначительное выпадение кристаллов парафина. Температуру охлаждения смеси поддерживают на 5 °С ниже предполагаемой температуры помутнения. Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать ± 1 °С.
4. Для масла ХФ 12-16 температура помутнения в смеси хладоном — не выше минус 32 °С, цвет не более 1,0 ед. ПНТ.

ра, при которой выпадают заметные хлопья парафина, для масел в смеси с хладагентом R-12 составляет: для масла ХФ 12-16 — минус 50 °С, для масла ХА-30 — минус 40 °С, для масла ХС-40 — минус 55 °С. На рис. 55 представлены кривые растворимости масел с хладагентом R-22.

Необходимо также контролировать коррозионную агрессивность смесей хладагента с маслом по отношению к металлам и другим материалам, применяемым в холодильных машинах. Масла для смазывания компрессоров домашних холодильников должны обладать повышенной стабильностью, так как в таких неразборных герметизированных агрегатах возможность наблюдения за маслом и его замена исключены.

Ассортимент масел

Для компрессоров холодильных машин применяют масла серии ХА и ХФ в соответствии с ГОСТ 5546—86.

ХА-30 — смесь дистиллятного и остаточного нефтяных масел.

ХФ12-16 — нефтяное масло с добавкой антиокислительной присадки.

ХФ 22-24 — нефтяное загущенное масло.

ХФ22С-16 — синтетическое масло с антиокислительной присадкой.

Кроме масел по ГОСТ 5546—86, для компрессоров новых холодильных машин, работающих в диапазоне температур —50...+150 °С может применяться синтетическое масло ВНИИ НП ХС-40 (ТУ 38 101763—78), а для судовых холодильных машин — нефтяное масло ХМ-35 (ТУ 38 101158—88).

Характеристики этих масел приведены в табл. 4.9.

Глава 5

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Технический прогресс в машиностроении — развитие высокопроизводительного, высокоточного и с числовым программным управлением автоматизированных модулей, роботов и другого надежного и долговечного оборудования — потребовал создания качественно новых промышленных масел. Нефтеперерабатывающая промышленность производит большой ассортимент современных легированных промышленных масел с улучшенными эксплуатационными свойствами: антиокислительными,

смазывающими, защитными, деэмульгирующими и др. Применение легированных промышленных масел (с присадками) обеспечивает повышение надежности и долговечности работы оборудования и его производительности, увеличение срока службы масел в 2—4 раза по сравнению с маслами без присадок.

Ассортимент масел, употребляемых для промышленного оборудования и машин, практически шире приведенного в данной главе. В этих целях, помимо промышленных, используют многие масла, отнесенные по основному назначению в моторные, гидравлические, трансмиссионные, турбинные и другие группы. В ряде случаев возникает необходимость использования продуктов ненефтяного происхождения, получаемых на основе кремнийорганических, фосфор-, серо- и фторсодержащих соединений и др.

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Длительное время в СССР не было технической обоснованной и общепринятой классификации промышленных масел. В зависимости от области применения их условно классифицировали на масла общего и специального назначения. Кроме того, масла каждой из этих групп подразделяли на три подгруппы по кинематической вязкости при 50 и 100 °С. Имело место разделение по характеру исходной нефти — на масла из малосернистых и сернистых нефтей; по способу очистки — на масла селективной, сериокислотной, адсорбционной, выщелачиваемые и др. При разработке легированных масел их обозначали, руководствуясь сложившимися правилами, например: масла серии ИГП — промышленные гидравлические с присадками; ИСП — промышленные из сернистых нефтей с присадками и т. п.

На основе отечественного и зарубежного опыта по созданию классификаций смазочных масел, изучения технических требований к промышленным маслам, опыта разработки и применения легированных масел впервые разработана технически обоснованная классификация промышленных масел. Она отражена в ГОСТ 17479.4—87 («Обозначение нефтепродуктов. Масла промышленные»). Стандарт учитывает международные стандарты (ISO 3448—75 «Смазочные материалы промышленных». Классификация вязкости», ISO 6743/0—81 («Классификация смазок и промышленных масел») и отечественный ГОСТ 17479.0—85 («Обозначение нефтепродуктов. Общие требования»). В единой системе обозначений промышленных масел учтено применение их в различном промышленном оборудовании: станках, прессах, прокатных и волочильных станах, машинах и оборудовании, в которых используются редукторы, подшипники и других элементах различных конструкций и усло-

вий эксплуатации, а также гидравлические системы и др. Масла, предназначенные для смазывания промышленного оборудования, выделяют в самостоятельную группу и им присваивают общее условное наименование «Индустриальные масла». В отличие от моторных, трансмиссионных и других масел специального назначения они обозначаются буквой «И».

Обозначение индустриальных масел включает группу знаков, разделенных между собой дефисом. Первая буква «И», вторая прописная буква определяет принадлежность к группе по назначению, третья прописная буква — принадлежность к подгруппе по эксплуатационным свойствам и четвертый знак — цифра характеризует класс по кинематической вязкости. По назначению индустриальные масла делят на 4 группы (табл. 5.1, в этой же таблице приведены обозначения по стандарту ISO).

По уровню эксплуатационных свойств выделено 5 подгрупп (табл. 5.2) и в зависимости от кинематической вязкости при 40 °С индустриальные масла подразделяют на 18 классов (табл. 5.3). Деление масел по назначению соответствует ISO 3498—79 и 6743/0—81, а по вязкости — ISO 3448—75.

Пример обозначения индустриального масла: И-Г-С-32 — индустриальное масло (И), группы Г, подгруппы С, класса вязкости 32.

Внедрение ГОСТ 17479.4—87 будет способствовать унификации существующего ассортимента индустриальных масел. Соответствие обозначений индустриальных масел, принятых по стандарту, обозначениям, ранее принятым в нормативно-технической документации и группам по назначению классификации ISO 6743/0—81 приведено в табл. 5.1 и 5.4.

СВОЙСТВА

Назначение индустриальных масел — обеспечить снижение трения и износа в трущихся частях металлорежущих станков, пресов, прокатных станов и другого промышленного оборудования. Одновременно индустриальные масла должны отводить тепло от узлов трения, защищать детали от коррозии, очищать трущиеся поверхности от загрязнения, быть уплотняющим средством, не допускать образования пены при контакте с воздухом, предотвращать образование стойких эмульсий с водой или быть способным эмульгировать, хорошо фильтроваться через фильтрующие элементы, быть нетоксичными, не обладать неприятным запахом и т. д. В условиях применения смазочные масла подвергаются воздействию высоких температур и давлений, контактируют с различными металлами, воздухом, водой и различными агрессивными средами. Поэтому в период эксплуатации они окисляются — повышается вязкость, кислотное число, коррозионная активность, засоряются продуктами износа — усили-

Таблица 5.1. Группы индустриальных масел по назначению

Группа	Соответствие группы по ISO 6743/0—81	Область применения
Л	F	Легконагруженные узлы (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения)
Г	H	Гидравлические системы
Н	G	Направляющие скольжения
Т	C	Тяжелонагруженные узлы (зубчатые передачи)

Таблица 5.2. Подгруппы индустриальных масел для машин и механизмов промышленного оборудования по эксплуатационным свойствам

Подгруппа	Состав, условия эксплуатации и рекомендуемая область применения
А	Масла без присадок; условия работы оборудования не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
В	Масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками; условия работы оборудования предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Масла типа В с противозносными присадками для оборудования, где имеются антифрикционные сплавы цветных металлов и условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противозносным свойствам масел
Д	Масла типа С с противозадирными присадками; условия работы оборудования предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противозносным и противозадирным свойствам масел
Е	Масла типа Д с противоскачковыми присадками; условия работы оборудования предъявляют повышенные требования к антиокислительным, адгезионным, противозносным, противозадирным и противоскачковым свойствам масел

Таблица 5.3. Классы вязкости индустриальных масел

Класс вязкости	ν_{40} , мм ² /с	Класс вязкости	ν_{40} , мм ² /с
2	1,9—2,5	68	61—75
3	3,0—3,5	100	90—110
5	4,0—5,0	150	135—165
7	6,0—8,0	220	198—242
10	9,0—11,0	320	288—352
15	13,0—17,0	460	414—506
22	19,0—25,0	680	612—748
32	29,0—35,0	1000	900—1100
46	41,0—51,0	1500	1350—1650

Таблица 5.4. Соответствие обозначений индустриальных масел по ГОСТ 17479.4—87 и ранее принятым в нормативно-технической документации (НТД)

Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	Ранее принятое обозначение*	НТД	Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	Ранее принятое обозначение*	НТД
И-Л-А-7	И-5А	ГОСТ 20799—88	И-Н-Е-68	ИНСл-40	ТУ 38 101672—77
И-Л-А-10	И-8А	ГОСТ 20799—88	И-Н-Е-100	ИНСл-65	ТУ 38 101672—77
И-Л-А-15	И-12А	ГОСТ 20799—88	И-Н-Е-220	ИНСл-110	ТУ 38 101672—77
И-Г-А-32	И-20А	ГОСТ 20799—88	И-ГН-Е-32	ИГНСл-20	ТУ 38 1011161—88
И-Г-А-46	И-30А	ГОСТ 20799—88	И-ГН-Е-68	ИГНСл-40	ТУ 38 1011161—88
И-Г-А-68	И-40А	ГОСТ 20799—88	И-Т-Д-68	ИРл-40	ТУ 38 101451—78
И-Г-А-100	И-50А	ГОСТ 20799—88	И-Т-С-68	ИСП-40	ТУ 38 101293—78
И-Л-С-3	ИГП-2	ТУ 38 101690—77	И-Т-Д-100	И168СХ	ТУ 38 101775—81
И-Л-С-5	ИГП-4	ТУ 38 101413—78	И-Т-Д-220	ИРл-75, ИСП-65	ТУ 38 101451—78
И-Л-С-10	ИГП-6, ИГП-8	ТУ 38 101413—78		ИРл-150	ТУ 38 101451—78
И-Г-С-22	ИГП-14	ТУ 38 101413—78		ИСП-110	ТУ 38 101293—78
И-Г-С-32	ИГП-18	ТУ 38 101413—78		ИГП-152, ИГП-182	ТУ 38 101413—78
И-Г-С-46	ИГП-30 и ВНИИ НП-403	ГОСТ 16728—78	И-Т-С-320	ПС-28	ГОСТ 12869—77
И-Г-С-68	ИГП-38, ИГП-49, ВНИИ НП-406	ТУ 38 101413—78	И-Т-Д-460	ИГП-200	ТУ 38 101292—79
И-Г-С-100	ИГП-72	ТУ 38 101413—78	И-Т-А-680	П-40	ТУ 38 101312—78
И-Г-С-150	ИГП-91	ТУ 38 101413—78	И-Т-Д-680	ИГП-300	ТУ 38 101292—79
И-Г-С-220	ИГП-114	ТУ 38 101413—78			

* Подлежит приведению в соответствие с требованиями настоящего ГОСТ по назначению и уровню вязкости.

вается абразивный износ, ухудшается фильтрование, появляются продукты деструкции — понижается вязкость, температура вспышки, появляется вода и др.

Ниже приведены основные нормируемые для индустриальных масел показатели качества и их значение.

Плотность непосредственно связана с такими важными свойствами, как вязкость и сжимаемость. Она существенно влияет на передаваемую гидropередачей мощность и определяет запас энергии в масле при его циркуляции. Применение масел высокой плотности позволяет существенно уменьшить размеры гидropередачи при той же мощности. При повышении давления плотность масел возрастает вследствие их сжимаемости:

Давление, МПа	0,1	35	105	140
Плотность, кг/м ³	885	895	920	930

Вязкость. Смазочные масла для промышленного оборудования выбирают главным образом по их вязкости. Вязкость — одно из важных свойств, имеющих эксплуатационное значение и общее для большинства масел. При гидродинамических расчетах, связанных с конструированием узлов трения и подбором для них масла, обычно используют кинематическую вязкость. Эту вязкость обязательно нормируют для всех минеральных масел. Длительное время кинематическая вязкость индустриальных масел определялась при температурах 50 и 100 °С. В настоящее время принятой по классификации ISO 3448-75 является температура 40 °С (вместо 50 °С). При выборе масла следует учитывать три критических значения вязкости: оптимальное при нормальной рабочей температуре, минимальное при максимальной рабочей температуре и максимальное при самой низкой температуре.

Вязкость масла в значительной степени зависит от давления. Это имеет особое значение при смазывании механизмов, работающих с большими удельными нагрузками и высоким давлением в узлах трения, что должно учитываться при конструировании и расчетах механизмов. Требуемый уровень вязкости в рабочих условиях положительно сказывается на смазывающих свойствах масла: между трущимися поверхностями создается прочный смазочный слой. Зависимость вязкости от давления выражается уравнением:

$$\eta_p = \eta_0 e^{\alpha p},$$

где η_p и η_0 — динамическая вязкость при давлении p и атмосферном давлении, Па·с; e — основание натуральных логарифмов; α — пьезокэффициент вязкости, Па⁻¹·с⁻¹ (для нефтяных масел лежит в пределах 0,001—0,004).

При высоком давлении вязкость может возрасти настолько, что масло потеряет свойства жидкости и превратится в квазипластичное тело. При давлении >10¹⁵ Па минеральное масло

превращается в твердое тело. При снятии нагрузки первоначальная вязкость восстанавливается. Вязкость масел при всех температурах с увеличением давления растет неодинаково и тем значительнее, чем выше давление и ниже температура.

Индекс вязкости характеризует вязкостно-температурные свойства масел. Для перевода одних единиц вязкости в другие, для расчета вязкости смеси смазочных масел и для расчета изменения вязкости от температуры или определения индекса вязкости масел следует пользоваться соответствующими формулами, номограммами, таблицами и графиками.*

Индекс вязкости 85 и выше указывает на хорошие вязкостно-температурные свойства. Для гидравлических систем современного оборудования необходимы масла с индексом вязкости >100 и загущенные масла с индексом вязкости 110—200. Этот показатель особенно важен для масел, применяемых в условиях, когда при изменении рабочих температур недопустимо даже незначительное изменение вязкости (например, для гидравлических систем, высокоскоростных механизмов, для гидродинамических направляющих скольжения и др.). Как правило, промышленные масла эксплуатируются при сравнительно низких температурах (50—60 °C), поэтому в соответствии с ГОСТ 4.24—84 нормирование индекса вязкости не обязательно.

Температура застывания определяется в статических условиях (в пробирке) и не характеризует надежно подвижность масла при низкой температуре в условиях эксплуатации. Характеристикой подвижности масел при низкой температуре служит вязкость при соответствующей температуре, верхний предел которой зависит от условий эксплуатации и конструкции механизмов. Применение присадок позволяет понизить температуру застывания масел. Данные по температуре застывания масел необходимы при проведении нефтескладских операций (слив, налив, хранение).

Температура вспышки — та температура, при которой пары масла образуют с воздухом смесь, воспламеняющуюся при поднесении к ней пламени. Характеризует огнеопасность масла и указывает на наличие в нем низкокипящих фракций. Ее определяют в приборах открытого и закрытого типа. В открытом приборе температура вспышки минеральных масел на 20—25 °C выше, чем в закрытом.

* 1. ГОСТ 25371—82 и стандарт СЭВ 2386—80 устанавливают два метода расчета ИВ смазочных масел по кинематической вязкости при 40 и 100 °C, даны формулы и таблицы для определения ИВ.

2. Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов/Под ред. Е. А. Эминова, 4-е изд. М.: Химия, 1977. Кн. 1 и 2 — 768 с.

3. Трение, изнашивание и смазка/Справочник под ред. П. В. Крательского и В. В. Алипина. М.: Машиностроение, 1978. 757 с. Кн. 1, гл. 9, с. 254—270.

Зольность — количество неорганических примесей, остающихся от сжигания навески масла, выраженное в процентах к массе масла. Высокая зольность масел без присадок указывает на недостаточную его очистку, т. е. на наличие в нем различных солей и несгораемых механических примесей и содержание зольных присадок в легированных маслах. Обычно зольность масел составляет 0,002—0,4% (масс.).

Содержание механических примесей, воды, селективных растворителей и водорастворимых кислот и щелочей. По этому показателю контролируют качество масел при их производстве, а также при определении срока службы масла для оценки пригодности его для дальнейшего применения (отсутствие или определенная норма в маслах загрязнений и веществ, агрессивных по отношению к металлическим поверхностям).

Цвет — показатель степени очистки и происхождения минеральных масел. Некоторые присадки, вводимые в масла, ухудшают их цвет. Изменение цвета масел в процессе эксплуатации косвенно характеризует степень их окисления или загрязнения.

Кислотное число также характеризует степень очистки минеральных масел и отчасти их стабильность в процессе эксплуатации и хранения. Этот показатель не характерен для масел с присадками, так как в присутствии некоторых из них увеличивается кислотное число и в то же время повышается стабильность масел при длительной эксплуатации и хранении.

Содержание серы зависит от природы нефти, из которой выработано масло, а также глубины его очистки. При применении процессов гидрооблагораживания содержание серы в масле указывает на глубину процесса гидрирования. В очищенных маслах из сернистых нефтей сера содержится в виде органических соединений, не вызывающих в обычных условиях коррозии черных и цветных металлов. Агрессивное действие серы возможно при высоких температурах, например при использовании масел в качестве закалочной среды, контактирующей с раскаленной поверхностью металла. Масла с присадками, в состав которых входит сера, содержат больше серы, чем базовые масла. Серосодержащие присадки вводят в масло для улучшения их смазывающих свойств.

Антиокислительная стабильность промышленных масел в процессе эксплуатации и хранения — одна из важных характеристик их эксплуатационных свойств. По антиокислительной или химической стабильности определяют стойкость масла к окислению кислородом воздуха. Все минеральные масла, соприкасаясь с воздухом при высокой температуре, взаимодействуют с кислородом и окисляются. Недостаточная антиокислительная стабильность масел приводит к быстрому их окислению, сопровождающемуся образованием растворимых и нерастворимых продуктов окисления (органических кислот, смол, асфаль-

тенов и др.). При этом в масле появляются осадки в виде лака и шлама, нарушающие циркуляцию масла в системе и образующие агрессивные продукты, которые вызывают коррозию деталей машин. Срок службы масла при окислении значительно сокращается, повышается его коррозионность, ухудшается способность отделять воду и растворенный воздух. На окисление масла влияют многие факторы: температура, пенообразование, содержание воды, органических кислот, металлических продуктов износа и других загрязнений.

Химически стабильные масла, работоспособные при высокой температуре, должны создаваться на использовании глубокоочищенных базовых масел с антиокислительными присадками. Современные легированные индустриальные масла для улучшения антиокислительной стабильности содержат специальные присадки. Особенно важны антиокислительные свойства для масел, работающих в узлах трения и механизмах при повышенной температуре и при интенсивной циркуляции и перемешивании.

Защитные (консервационные) свойства определяют способность индустриальных масел предотвращать агрессивное действие на детали машин органических кислот, содержащихся в маслах и образующихся в результате окисления при наличии влаги, попадающей в масла в процессе эксплуатации (конденсация из воздуха, охлаждающая вода и др.), а также веществ, агрессивных по отношению к некоторым металлам. Коррозия черных металлов возникает при попадании в масло воды, а цветных металлов и сплавов вызывается действием органических кислот, образующихся при окислении масла и некоторых присадок. Вода, а также частицы продуктов коррозии стимулируют коррозионную агрессивность органических кислот. Кроме того, попадая в зону трения, частицы продуктов коррозии действуют как абразив и повышают интенсивность изнашивания. Коррозия цветных металлов усиливается с повышением температуры. Защитные свойства улучшаются при введении в масло маслорастворимых ингибиторов коррозии, антикоррозионных присадок, которые препятствуют контакту металла с влагой и органическими кислотами.

Смазывающие свойства характеризуют способность масел улучшать работоспособность поверхности трения путем максимального уменьшения износа и трения. Они оцениваются показателем износа, антифрикционными и противозадирными свойствами. Смазывающие свойства масел позволяют судить об их способности предотвращать любой вид удаления материала с контактирующих поверхностей (умеренный износ, задир, выкрашивание, коррозионно-механический, абразивный и др.). При работе узлов и механизмов в условиях гидродинамического режима трения требования по смазывающим свойствам обес-

печиваются минеральными маслами соответствующей вязкости без присадок. При работе узлов и механизмов в условиях граничной смазки смазывающие свойства масел не обеспечиваются естественным составом минеральных масел. Учитывая, что при работе машины и механизмов имеет место как граничная (пуск, остановка), так и гидродинамическая (рабочие условия, например, гидравлической системы) смазка, к большинству индустриальных масел предъявляют более жесткие требования по показателю износа, чем к маслам без присадок. Для предотвращения износа и заедания в масло вводят соответствующие присадки, которые на поверхности трения при определенных температурах создают защитные пленки.

В некоторых конструкциях лопастных насосов при высоких скоростях вращения, нагрузках и локальных температурах создаются условия, при которых масляная пленка разрушается с образованием контакта металл — металл; наступает катастрофический износ.

При использовании гидравлических масел с противозадирными присадками следует иметь в виду, что некоторые из них, например, диалкилдитиофосфаты цинка, способствуют повышенному коррозионному износу деталей из медных сплавов. Это необходимо учитывать при подборе масел для насосов и других механизмов, детали которых выполнены из определенных марок бронзы для обеспечения минимального трения при запуске. В этом случае следует применять масла с антиокислительными и антикоррозионными или противозадирными присадками, нейтральными по отношению к сплавам из меди.

Антифрикционные свойства индустриальных масел не нормируют, но они являются косвенным показателем смазывающей способности.

Противопенные свойства оценивают способность масел выделять воздух или другие газы без появления пены. Образование пены приводит к потерям масла, увеличению его сжимаемости, ухудшению смазывающей и охлаждающей способностей, вызывает более интенсивное окисление масла. Способность противостоять вспениванию особенно важна для масел, используемых в гидравлических системах и для смазывания высокоскоростных механизмов, так как при их контакте с атмосферой при обычной температуре содержание растворенного воздуха достигает 8—9% (об.). Большинство современных легированных масел содержат антипенные присадки, которые способствуют разрушению пузырьков пены на поверхности и предотвращают пенообразование.

Дезэмульгирующие свойства свидетельствуют о способности масла обеспечивать быстрый отстой воды. Масла с плохими дезэмульгирующими свойствами при обводнении образуют стойкие водомасляные эмульсии. При этом уменьшается вязкость мас-

ла, ухудшаются условия трения, металлические поверхности подвергаются коррозии, повышается температура застывания и т. д. Эти свойства минеральных масел улучшаются введением в них деэмульгаторов.

Содержание активных элементов. Определение содержания цинка, фосфора, серы, хлора и других активных элементов служит для контроля за количеством вводимых в легированные масла присадок при производстве.

Для промышленных масел специального назначения дополнительно нормируют такие показатели качества, как липкость, смываемость, эмульгируемость, стабильность вязкости загущенных масел, степень чистоты и др. В связи с ужесточением требований к эксплуатационным свойствам промышленных масел нормируемые показатели их качества будут, очевидно, дополняться новыми.

АССОРТИМЕНТ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МАСЕЛ

Масла общего назначения

В эту группу входят минеральные масла без присадок и с присадками (легированные) вязкостью при 50 °С от 2,2 до 190 мм²/с, получаемые из малосернистых и сернистых нефтей. Такие масла служат для смазывания наиболее распространенных узлов и механизмов оборудования в различных отраслях промышленности. К маслам без присадок не предъявляют особых требований, их эксплуатационные свойства обеспечиваются естественной минеральной природой масел. В группу легированных масел включены масла с определенным комплексом свойств, обеспечивающих универсальность их применения.

Масла индустриальные общего назначения без присадок (табл. 5.5)

Эти масла, выпускаемые по ГОСТ 20799—88, представляют собой очищенные дистиллятные или смесь дистиллятных и остаточных минеральных масел. Применяют их при производстве масел с присадками в качестве базовых.

Масла И-5А, И-8А — дистиллятные, из малосернистых нефтей кислотно-щелочной очистки и из сернистых нефтей селективной очистки. Применяют в различных отраслях промышленности для смазывания наиболее широко распространенных легконагруженных, высокоскоростных узлов и механизмов, замасливания волокон и в производстве масел, смазок и резин. Кроме того, их применяют для жирования кож, изготовления паст, мастик, оконной замазки и др. Ряд отраслей народного хозяй-

Таблица 5.5. Характеристики индустриальных масел общего назначения без присадок (ГОСТ 20799—88)

Показатель	И-5А	И-8А	И-12А И-12А1	И-20А	И-30А	И-40А	И-50А
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Л-А-7	И-Л-А-10	И-ЛГ-А-15	И-Г-А-32	И-Г-А-46	И-Г-А-68	И-Г-А-100
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	870	880	880	890	890	900	910
Вязкость при 40 °С, мм ² /с	6—8	9—11	13—17	29—35	41—51	61—75	90—110
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	140	150	170/165	200	210	220	225
застывания, не выше	—18	—15	—30	—15	—15	—15	—20
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	1,5	1,5/2,5	2,0	2,5	3,0	4,5
Стабильность против окисления:							
приращение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,20	0,20	0,20	0,30	0,40	0,40	0,40
приращение смол, %, не более	1,5	1,5	1,5	2,0	3,0	3,0	3,0

Примечания.

1. Во всех маслах нормируют: содержание воды, механических примесей, селективных растворителей, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие; зольность ≤ 0,005%; содержание серы в маслах из сернистых нефтей 1,0—1,1%.

2. По согласованию изготовителя с потребителем и при заявке на масла с температурой застывания ниже предусмотренной требованиями настоящего стандарта допускается изготавливать индустриальные масла с депрессатором, а также масла с $t_{\text{заст}} < -10$ °С для масел, применяемых с 1 апреля по 1 сентября, за исключением экспортных сортов.

ства используют эти масла в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем различных строительных машин.

Масло И-12А — дистиллятное из сернистых нефтей селективной очистки или малосернистых — кислотно-щелочной. Служит для смазывания втулок, подшипников веретен ровничных и других машин, узлов котлонных и кетельных машин, шпинделей металлорежущих станков, работающих с частотой вращения до 5 тыс. мин⁻¹, для направляющих бабок фильерно-расточных, фильерно-полировочных и других станков, для подшипников маломощных электродвигателей с кольцевой системой смазки, в качестве рабочей жидкости в объемных гидроприводах, работающих в закрытом помещении и на открытом воздухе, для поршневой группы аммиачных компрессоров и для многих других видов оборудования. Используют также для изготовления масел с присадками, пластичных антифрикционных и консервационных смазок, эмульгирующих составов, технологических смазок и жидкостей. В зависимости от требований его можно заменить смесью одного из масел И-20А или И-30А с маловязкими маслами И-5А или И-8А.

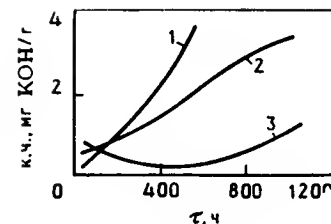
Масла И-20А, И-30А, И-40А, И-50А — дистиллятные или смесь дистиллятного с остаточным из сернистых и малосернистых нефтей селективной очистки либо из малосернистых нефтей кислотно-щелочной очистки. Их употребляют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах станочного оборудования, автоматических линий, прессов, для смазывания легко- и средненагруженных зубчатых передач, направляющих качения и скольжения станков, где не требуются специальные масла, и других механизмов. Наиболее широко применяют масло И-20А в гидравлических системах промышленного оборудования, для строительных, дорожных и других машин, работающих на открытом воздухе. Применение указанных масел в тех или иных механизмах зависит от их вязкости: по мере ее увеличения масла используют в более нагруженных и менее быстроходных механизмах. Указанные масла можно заменить легированными маслами ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38 и ИГП-49 (по ТУ 38 101413—73) соответствующей вязкости.

Масла индустриальные общего назначения легированные (табл. 5.6)

Масла серии И-Л-С и ИГП выпускают в соответствии с ТУ 38 101191—88 и ТУ 38 101413—73. Это — дистиллятные, остаточные или смесь дистиллятных и остаточных минеральных масел из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной, противоизносной, антикоррозионной и противопенной присадками. Употребляют их в основном для смазывания современного отечественного и импортного оборудования в различных отраслях народного хозяйства, для эксплуатации кото-

Рис. 56. Зависимость кислотного числа к. ч. от длительности окисления τ :

1 — масло И-20А; 2, 3 — масло ИГП-18 различной глубины очистки



рого необходимы масла с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Основными показателями, характеризующими эксплуатационные свойства масел ИГП, являются вязкость, стабильность против окисления, антикоррозионные свойства и стойкость к пенообразованию. На рис. 56 показана стабильность против окисления по ASTM D—943 (изменение кислотного числа во времени при окислении в токе кислорода в течение 1000 ч, при 95 °С, в присутствии воды и катализаторов) легированного масла ИГП-18, полученного из сернистых нефтей различной глубины селективной очистки, в сравнении с маслом И-20А без присадок. На рис. 57 приведены изменения показателя износа во времени (ГОСТ 9490, 200Н, 1450 мин⁻¹) легированного масла ИГП-18 по сравнению с маслом И-20А.

В связи с применением в гидравлических системах современного промышленного оборудования фильтров тонкой очистки (25, 10 и 5 мкм) важное значение приобретает такое свойство нефтяных масел, особенно легированных, как фильтруемость.

Масла ИГП можно применять взамен соответствующих по вязкости масел общего назначения по ГОСТ 20799—88. Преимущества легированных масел ИГП в сравнении с маслами без присадок подтверждены многолетней практикой их производства и применения.

Масла И-Л-С-3, И-Л-С-5, И-Л-С-10, И-Л-С-22 (ИГП-2, ИГП-4, ИГП-6, ИГП-8, ИГП-14) применяют для смазки легконагруженных высокоскоростных механизмов (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения).

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49 служат рабочими жидкостями в гидравлических системах станков, автоматических линий, прессов. Используют для смазывания высокоскоростных коробок передач, мало- и средненагруженных редукторов и червячных передач, вариаторов, электромагнитных и зубчатых муфт, подшипниковых узлов, направляющих скольжения и качения и в других узлах и механизмах, где требуются масла с улучшенными антиокислительными и противоизносными свойствами.

Масла ИГП-72, ИГП-91, ИГП-114 используют в гидравлических системах тяжелого прессового оборудования и для смазывания шестеренных передач, средненагруженных зубчатых и

назначения

Показатель	ИП-2*	ИП-4*	ИП-6*	ИП-8*	ИП-14*
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Л-С-3	И-Л-С-5	И-Л-С-10		И-Л-С-22
Плотность, кг/м³, не более	835	850	880		890
Вязкость при 40 °С, мм²/с	3,0—3,5	4,3—6,0	9,0—11,0		17,5—22,5
Индекс вязкости, не менее	—	—	—		—
Температура, °С вспышки в открытом (закрытом) тигле, не ниже застывания, не выше	(90)	110	143		170
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	1,5	2,0		2,5
Коксуюемость, %, не более	—	—	—		—
Содержание, %: цинка, не менее	0,04	0,04	0,04		0,04
общей серы, не более	0,4	0,9	0,9		0,9
Склонность к пенообразованию/стабильность пены, см³, не более:					
при 24 °С	—	—	—		—
при 94 °С	—	—	—		—
при 24 °С после испытания при 94 °С	—	—	—		—
Антикоррозионные свойства, степень коррозии					Отсут

ИГП-18	ИГП-30	ИГП-38, ИГП-38с	ИГП-49	ИГП-72	ИГП-91	ИГП-114	ИГП-152	ИГП-182
И-Г-С-32	И-Г-С-46	И-Г-С-68	И-Г-С-100	И-Г-С-150	И-Г-С-220	И-Т-С-320		
880	885	890	895	900	900	900	905	910
24—30	39—50	55—65	76—85	110—125	148—165	186—205	288— 352	288— 352
90	90	90	90	90	90	90	90	90
176	200	210	215	220	225	230	230	240
—15	—15	—15	—15	—15	—15	—15	—15	—15
3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	6,5	7,0	6,0	8,0
0,25	0,25	0,35	0,40	0,45	0,55	0,60	0,75	0,85
0,04 0,9	0,04 0,9	0,04 0,9	0,04 0,9	0,04 1,0	0,04 1,0	0,04 1,0	0,04 1,4	0,04 1,5
50/5 50/5 50/5	50/5 50/5 50/5	50/5 50/5 50/5	50/5 50/5 50/5	50/5 50/5 50/5	50/5 50/5 50/5	50/5 50/5 50/5	100/5 50/5 100/5	100/5 50/5 100/5
СТ В И Е								

* Сохранено название по ранее действующим техническим условиям ТУ 38 101690—77.

Примечания.

1. Для масел И-Л-С нормируют: кислотное число 1,0 мг КОН/г; зольность $\leq 0,2\%$;

1. Для масел И-Л-С нормируют: кислотное число 1,0 мг КОН/г; зольность $\leq 0,2\%$.
2. Для масел серии ИГП нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; механическое напряжение ≤ 28 мН/м; зольность $\leq 0,2\%$; содержание механических примесей не более 0,001 мг/г; содержание воды не более 0,05 мг/г; способность к окислению $\leq 0,35$ мг КОН/г; способность к влагоотделению — выдерживает 24 ч при 100°C без осадка.
3. Масло ИГП-38с отличается от ИГП-38 наличием моюще-диспергирующей присадки.

содержание механических примесей — отсутствие, воды — следы.

содержание механических примесей — отсутствие, воды — следы; стоимость: кислотное число 0,6—1,0 мг КОН/г; число омыления 0,8—2,5 мг КОН/г; поверхность фенола — отсутствие, воды — следы; старение — в горячем состоянии; увеличение кислотности: допускается применение депрессора ПМА «Д» до 0,03% (100%-го).

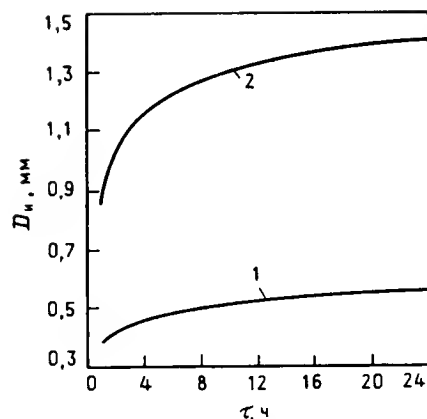


Рис. 57. Зависимость диаметра пятна износа $D_{и}$ от длительности испытаний τ :

1 — масло ИГП-18; 2 — И-20А

червячных редукторов, в циркуляционных системах смазки различного оборудования.

Масла ИГП-152, ИГП-182 используют для смазывания нагруженных зубчатых и червячных передач, коробок скоростей, редукторов и других узлов.

Далее ассортимент промышленных масел представлен по назначению согласно ГОСТ 17479.4 — 87, а также специальных масел и жидкостей, которые не учитываются стандартом.

Масла для легконагруженных высокоскоростных механизмов

В эту группу входят дистиллятные масла из малосернистых и сернистых нефтей селективной и кислотно-щелочной очистки с присадками и без присадок вязкостью при 50 °С от 2,2 до 15,5 мм²/с (см. табл. 5.6). Они служат для смазывания высокоскоростных механизмов металлорежущих станков, текстильных машин, сепараторов, центрифуг и др. — шпинделей, подшипников и сопряженных с ними соединений.

Масло И-Л-С-3 (ИГП-2) (ТУ 38 1011191—88) — минеральное масло на основе масла МГЕ-10А или гидроочищенного дизельного топлива из сернистых нефтей соответствующей вязкости и фракционного состава с антиокислительной, антикоррозионной и противозносной присадками. Его применяют для смазывания подшипников шпиндельных узлов металлорежущих станков. Это позволяет повысить скорости и нагрузки резания, точность обработки и чистоту обрабатываемых деталей, исключает применение смеси масел с керосином, которая характеризуется значительно худшими смазывающими и экологическими свойствами. На рис. 58 приведены противозносные свойства масел И-Л-С-3 (ИГП) различной композиции присадок.

Масла И-Л-С-5, И-Л-С-10, И-Л-С-22 (ИГП-4, ИГП-6, ИГП-8, ИГП-14) (ТУ 38 1011191—88) — минеральные дистиллятные масла из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной, антикоррозионной, противозносной и противопенной присадками. Употребляют для высокоскоростных шпиндельных узлов металлорежущих станков. Масло ИГП-6, кроме того, используют для высокоскоростных зубчатых передач ме-

таллорежущих станков, а также для опор и гашения вибрации в высокоскоростных веретенах прядильных машин. Масла И-Л-С-5 и И-Л-С-10 наиболее экономически целесообразно использовать взамен соответствующих по вязкости масел без присадок И-5А и И-8А. Масло И-Л-С-10 с 01.01.88 допущено к применению взамен сепараторного масла «Л» (ОСТ 38 0 1272—82).

Масла И-5А, И-8А (ГОСТ 20799—88) — см. раздел индустриальные масла общего назначения, стр. 221 и табл. 5.5.

Масло И-5А применяют для смазывания быстроходных механизмов: подшипников и втулок веретен прядильных и крутильных машин, подшипников шпинделей шлифовальных кругов металлорежущих и других станков, работающих при частоте вращения 15—35 тыс. мин⁻¹, условия работы которых не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел. Масло используют также для смазывания контрольно-измерительных приборов и других легконагруженных узлов. Можно заменить маслом И-Л-С-5 или И-8А.

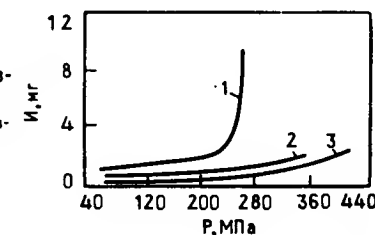
Масло И-8А употребляют для коттонных и кеттильных трикотажных машин, малонагруженных узлов трения, работающих с частотой вращения 5—15 000 мин⁻¹, швейных и вязальных машин, шпинделей шлифовальных кругов металлорежущих станков, контрольно-измерительных приборов. Можно заменить маслами И-Л-С-5 или И-Л-С-10 и И-5А.

Масла для гидравлических систем

В этот раздел включены масла, употребляемые в качестве рабочих жидкостей для гидравлических систем металлорежущих станков, автоматических линий, прессового и другого промышленного оборудования. Масштабы использования гидравлического привода значительно возросли. Практически невозможно назвать такую отрасль промышленности, в которой гидравлический привод не нашел бы применения. Развитие гидравлических устройств сопровождается непрерывным увеличением рабочих мощностей и нагрузок, в связи с чем повышаются требования к эксплуатационным свойствам масел для гидравли-

Рис. 58. Зависимость износа И от нагрузки Р:

1 — базовое масло; 2, 3 — масло И-Л-С-3 с различной композицией присадок



ских систем. В настоящее время освоен промышленный выпуск масел для этих систем с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противозносными и противозадирными свойствами. Наряду с этим распространены гидравлические системы, работающие при умеренных температурах и давлениях, работоспособность которых обеспечивается минеральными маслами без присадок. В соответствии с широким диапазоном рабочих параметров гидравлических систем и предъявляемыми к смазочным материалам эксплуатационными требованиями, масла для гидравлических систем промышленного оборудования условно делят на четыре группы.

В *первую группу* (наиболее распространенную) входят минеральные масла без присадок, которые используют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах, условия работы которых не предъявляют особых требований к эксплуатационным свойствам масел. В таких системах применяют индустриальные масла общего назначения без присадок требуемой вязкости (см. табл. 5.5): И-12А, И-20А, И-30А, И-40А и И-50А (ГОСТ 20799—88).

Вторую группу составляют легированные масла с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противозносными и противопенными свойствами. Их используют в гидравлических системах, эксплуатируемых при высоких рабочих давлениях (до 16—35 МПа). В эту группу входят высокоочищенные дистиллятные, остаточные и смеси дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с присадками вязкостью при 50 °С от 16 до 118 мм²/с. Эти масла относятся к легированным маслам общего назначения и кроме гидравлических систем могут быть использованы для циркуляционных систем смазки различного промышленного оборудования, требующего применения масел с аналогичными эксплуатационными свойствами.

В *третью группу* входят легированные масла вязкостью при 50 °С от 16,5 до 40 мм²/с. Они отличаются от масел второй группы лучшими противозадирными свойствами и их используют в гидравлических системах, которые эксплуатируются при повышенных рабочих давлениях (>35 МПа).

Четвертую группу составляют легированные масла, получаемые загущением вязкостными присадками маловязких очищенных и высокоочищенных минеральных масел из сернистых нефтей селективной очистки, с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противозносными, противозадирными и противопенными свойствами. Это масла, применяемые в гидравлических системах со специфическими свойствами, обусловленными условиями применения, например: двигатели привода стана для прокатки алюминия, привод шагового двигателя, гидронефраторов, экскаваторов, дуговых печей и др.

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49, ИГП-72, ИГП-91, ИГП-114 (ТУ 38 101413—73) — дистиллятные, остаточные и смеси дистиллятных и остаточных легированных масел глубокой селективной очистки из сернистых нефтей, с антиокислительной, антикоррозионной, противозносной и противопенной присадками. Масла серии ИГП являются основными маслами для современных гидравлических систем металлорежущих станков, автоматических линий, тяжелых прессов и другого промышленного оборудования. Масла марок ИГП-18÷ИГП-49 и ВНИИНП-403 употребляют в основном в гидроприводах отечественных и импортных станков в различных отраслях народного хозяйства. Масло ВНИИНП-403 (ГОСТ 16728—78) по назначению и свойствам идентично маслу ИГП-30. Масло ИГП-18 с 01.01.88 допущено к применению взамен сепараторного масла «Т» (ОСТ 3801272—82). Масла марок ИГП-72 — ИГП-114 ис-

Таблица 5.7. Характеристики масел серии ИГСп

Показатель	ИГСп-18	ИГСп-38	И-Г-Д-68 (ИГСп-38д)
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Г-Д-32	И-Г-Д-68	
Вязкость при 50 °С, мм ² /с	16,5—20,5	35—40	61—75
Индекс вязкости, не менее	90	90	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,5	1,5	1,0
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	210	210
застывания, не выше	—8	—8	22
Содержание, %:			
общей серы	0,8—1,0	0,8—1,0	—
цинка	0,07—0,10	0,07—0,10	—
фосфора	0,06—0,09	0,06—0,09	—
Зольность, %, не более	0,35	0,35	0,2
Коксуемость, %, не более	0,35	0,45	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,5	4,0
Склонность к пенообразованию/стабильность пены, см ³ , не более:			
при 24 °С	50/5	50/5	
при 94 °С	25/5	25/5	
при 24 °С после испытания при 94 °С	50/5	50/5	

Примечания.
1. Для марок масел ИГСп нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; содержание воды и механических примесей — отсутствие, число омыления — <4 мг КОН/г; поверхностное натяжение — <20 мН/м. Кинематическая вязкость при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
2. Для масла И-Г-Д 68 нормируют: кинематическую вязкость при 40 °С, плотность 870—880 кг/м³; содержание воды и механических примесей — отсутствие.

пользуют в гидравлических системах тяжелого прессового оборудования. Характеристики масел приведены в табл. 5.6.

Масла ИГСП-18 и ИГСП-38 (ТУ 38 101238—74) и И-Г-Д-68 (ТУ 38 101163—88) — дистиллятные из сернистых нефтей, глубокой селективной очистки с антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной, противозадирной и противопенной присадками, а масло И-Г-Д-68 (ИГСП-38д), кроме того, содержит депрессатор и моющую присадку. Применяют в гидравлических системах металлорежущих станков, автоматических линий и другого промышленного оборудования, работающих при высоком давлении, а также для смазывания направляющих скольжения станков, осуществляемой маслом из гидравлической системы. Однако, эти масла не наделены противоскачковыми свойствами. Кроме того, — для смазки средненагруженных элементов механизмов и машин.

Характеристики масел приведены в табл. 5.7.

Масла ИГПз-12 (ТУ Д8 101689—82), ИГПз-20 (ТУ 38 101788—79), Гидрол-7 (ТУ 38 101715—78) — дистиллятные из сернистых и малосернистых нефтей, очищенные и глубокоочищенные масла селективной очистки, содержащие вязкостную (полннзобутен или полнбутен разной молекулярной массы), антиокислительную, антикоррозионную, противоизносную, про-

тивозадирную, депрессорную и противопенную присадки. Эти гидравлические масла специального назначения предназначены для применения: в двигателях привода клиновых устройств стана холодной прокатки алюминия, в вытяжном агрегате неопрокидывающего устройства раздаточной цепи, для смазывания привода шагового двигателя в фасонно-шлифовальном станке, для гидроперфораторов, экскаваторов в северных районах и дуговых печей повышенной пожароопасности.

Характеристики масел ИГПз-12, ИГПз-20 и Гидрол-7 приведены в табл. 5.8.

Масла для направляющих скольжения станочного оборудования

В данную группу входят дистиллятные масла и смеси дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей, очищенные и глубокоочищенные селективной очистки без присадок и легированные вязкостью 50°C от 20 до 120 мм²/с. Применяют эти масла для смазывания горизонтальных и вертикальных направляющих скольжения и качения подвижных узлов, передач ходовой винт-гайки, для легко- и средненагруженных зубчатых и червячных передач, гидродинамических направляющих станочного оборудования и для некоторых узлов текстильных машин.

Масла универсальные И-ГН-Е-32 и И-ГН-Е-68 (ТУ 38 101161—88) представляют собой легированные масла из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной противоскачковой, антикоррозионной, противоизносной, противозадирной, депрессорной и противопенной присадками. Предназначены для использования в гидравлической системе и одновременно для смазывания направляющих скольжения металлорежущих станков. Они должны быть наделены свойствами легированных масел для современных гидравлических систем и обеспечивать равномерность медленных движений и точность установочных перемещений суппортов, столов и других узлов современных металлорежущих станков, где по условиям работы требуются масла, обладающие противоскачковыми свойствами.

Характеристики масел представлены в табл. 5.9.

Противоскачковые свойства оценивают по отношению коэффициентов трения статического $f_{ст}$ и кинетического $f_{ки}$ (метод ASTM D 2877-70, табл. 5.10), на машине с возвратно-поступательным движением плоских чугунных образцов, перемещающихся со скоростью 12,7 мм/мин и нагрузке 224 Н. При отсутствии скачков противоскачковые свойства: $(f_{ст}/f_{ки}) < 0,85$ — хорошие; $(f_{ст}/f_{ки}) = 0,86—0,94$ — умеренные; $(f_{ст}/f_{ки}) = 1,0$ — отсутствуют.

Таблица 5.8. Характеристики загущенных легированных гидравлических масел для промышленного оборудования

Показатель	ИГПз-12	ИГПз-20	Гидрол-7
Плотность, кг/м ³	830	—	860—950
Вязкость, мм ² /с:			
при 40 °С	—	—	52—60
при 50 (100) °С	13,5—16,5	19—22	(6—10)
Индекс вязкости, не менее	200	140	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,4	1,8	0,3
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	124	125	230
застывания, не выше	—12	—10	—14
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1	2	—
Зольность, %, не более	0,05	0,08	—
Коксуемость, %, не более	0,04	0,2	—
Содержание, %:			
серы, не более	0,65	1,5	—
фосфора (цинка), не менее	0,15	0,1—0,2	—

Примечание. Содержание воды и механических примесей — отсутствие, внешний вид — однородная прозрачная жидкость, нормируется; для масла ИГПз-20 склонность к пенообразованию/стабильность пены, см³, не более: при 24 °С 100/5, при 94 °С 70/5, при 24 °С после испытания при 94 °С 100/5; для масла Гидрол-7 показатель износа, D₄ (200 Н, 20 °С, 1 ч) не более 0,5 мм.

Таблица 5.9. Характеристики масел группы И-ГН-Е

Показатель	И-ГН-Е-32 (ИГНСп-20)	И-ГН-Е-68 (ИГНСп-40)
Плотность, кг/м³, не более	890	895
Вязкость при 40 °С, мм²/с	28—36	61—68
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,5	1,5
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	185	210
застывания, не выше	—15	—15
Содержание, %, не менее:		
цинка	0,04	0,04
серы	0,6	0,6
Зольность, %, не более	0,25	0,25
Коксуемость, %, не более	0,30	0,40
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0

Примечание. Содержание механических примесей — отсутствие, воды — следы, внешний вид — однородная прозрачная жидкость.

Противоскачковые свойства современных легированных гидравлических масел серии ИГП, специальных легированных масел для направляющих скольжения ИГНСп и ИНСп даны в сравнении с лучшими образцами аналогичных масел Vacuoline и Vactra (фирма «Mobil»). На рис. 59 представлена зависимость коэффициента трения от продолжительности неподвижного контакта и скорости скольжения при смазывании отечественными и аналогичными импортными легированными маслами одного уровня вязкости в сравнении с маслом без присадок. Испытанные легированные масла для направляющих скольжения обеспечивают равномерное перемещение, а на масле И-40А без присадок наблюдается скачкообразное движение. На рис. 60 пока-

Таблица 5.10. Противоскачковые свойства масел по ASTM D 2877-70

Масло	$f_{ст}$	$f_{ки}$	$f_{ст}/f_{ки}$	Наличие скачков
ИГП-18	—	—	—	Скачки
ИГСП-18	—	—	—	Скачки
ИГНСп-20	0,0912	0,1249	0,73	Отсутствие
ИНСп-20	0,6785	0,0965	0,70	Отсутствие
Vacuoline 1405	0,1018	0,1340	0,76	Отсутствие
ИГП-38	—	—	—	Скачки
ИГСП-38	—	—	—	Скачки
ИГНСп-40	0,0861	0,1229	0,70	Отсутствие
Vacuoline 1409	0,0787	0,1065	0,73	Отсутствие
ИНСп-40	0,0750	0,1048	0,71	Отсутствие
Vactra-2	0,0895	0,1156	0,75	Отсутствие

Рис. 59. Зависимость коэффициента трения f от продолжительности неподвижного контакта τ и скорости скольжения v при смазывании различными маслами:
1 — ИНСп-40; 2 — Vactra-2; 3 — ИГНСп-40; 4 — Vacuoline-1409; 5 — И-40А

зана зависимость коэффициента трения (сплошные линии) и его динамической составляющей (штриховые линии) от скорости ползуна при смазывании маслами двух уровней вязкости (20 и 40 мм²/с при 50 °С) в сравнении с аналогичным маслом Vactra-2 (40 мм²/с при 50 °С). Первая зависимость позволяет определить коэффициент трения в направляющих скольжения при любой заданной скорости перемещения ползуна и использовать его при расчете узла трения, вторая — амплитудной характеристикой колебаний, по которой можно судить об устойчивости движения ползуна и о демпфирующей способности масла. При смазывании легированными маслами практически во всем диапазоне скоростей динамическая составляющая близка к нулю, т.е. обеспечивается устойчивое, плавное скольжение ползуна.

Масла специальные ИНСп (ТУ 38 101672—77) — дистиллятные, остаточные и смесь дистиллятных и остаточных минеральных масел из сернистых нефтей селективной очистки, содержащие противоскачковую, противозадирную, адгезионную, солюбилизующую и противопенную присадки. Применяют для смазывания направляющих скольжения и качения металлорежущих станков, передач ходовой винт-гайка, станков особой высокой точности, с программным управлением, тяжелых и других, где требуются равномерность медленных перемещений, точность и чувствительность установочных перемещений столов, суппортов, ползунов, бабок, стоек и других узлов, а также необходимо снизить уровень коэффициентов трения в статических и кинетических условиях (см. табл. 5.10 и рис. 59 и 60, где по-

Рис. 60. Зависимость коэффициента трения f (—) и его динамической составляющей Δf (---) от скорости ползуна v при смазывании маслами:
1 — И-20А; 2 — И-40А; 3 — ИНСп-20; 4 — ИНСп-40; 5 — Vactra-2

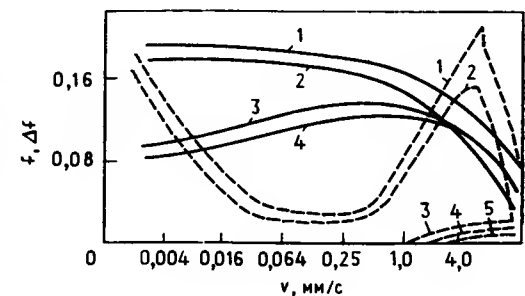


Таблица 5.11. Характеристики масел серии ИНСп

Показатель	ИНСп-40	ИНСп-65	ИНСп-110
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Н-Е-68	И-Н-Е-100	И-Н-Е-220
Плотность, кг/м ³ , не более	908	910	920
Вязкость, при 50 °С, мм ² /с	35—45	60—70	100—120
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,5	2,5	2,5
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	190	200
застывания, не выше	—20	—20	—15
Смазывающие свойства, не менее:			
И ₂	31	34	36
Р _с , Н, не менее	2000	2000	2240
Испытание на коррозию	Выдерживает		

Примечания.

1. Кинематическая вязкость при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
 2. Дополнительно нормируют: содержание механических примесей — <0,04%, при этом не допускается наличие абразивных веществ; воды — следы, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие, зольность 0,15—0,25%; внешний вид — однородная прозрачная жидкость; адгезионные свойства — видимая липкость.

казаны хорошие противоскачковые свойства масел ИНСп в сравнении с аналогичными маслами Vactra и Vacuoline).

Характеристики масел ИНСп приведены в табл. 5.11.

Масло ИНСп-40 применяют для смазывания легко- и средне-нагруженных горизонтальных направляющих.

Масло ИНСп-65 служит для смазывания средне- и тяжело-нагруженных горизонтальных направляющих, а также вертикальных направляющих, либо для вертикальных и горизонтальных направляющих при общей системе смазывания.

Масло ИНСп-110 используют для вертикальных направляющих, а также горизонтальных направляющих с вертикальными гранями большой площади.

Кроме основного назначения, масла ИНСп можно употреблять для смазывания других узлов станков, таких, как зубчатые и червячные передачи, пиниоли, кулачки храповые, механизмы, с целью сокращения рекомендованного для их смазывания ассортимента смазочных материалов.

Для направляющих скольжения и качения применяют также индустриальные масла общего назначения (см. табл. 5.5). Там, где не требуется масло, обеспечивающее равномерность медленных перемещений и точность установочных движений, а также в случае гидростатических направляющих, можно применять масла индустриальные общего назначения И-20А, И-30А и И-40А.

Масла серии ИСП (ИСП-25, -40, -65, -110) и серии ИСПи (ИСПи-25, -40, -65, -110) (ТУ 38 101293—78) — дистиллятные и смесь дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей селективной очистки, содержащие композиции присадок. Указанные серии масел различаются тем, что масла серии ИСП содержат отечественные противозадириую, противоиоизиую и антифрикционную присадки, а масла серии ИСПи — импортную присадку англамол-81 и отечественную антикоррозионную присадку.

Эти масла обладают некоторыми противоскачковыми свойствами, что позволяет использовать их для направляющих скольжения ряда станков повышенной и высокой точности, за исключением станков особой высокой точности и тяжелых. Характеристики масел приведены в табл. 5.12.

Масла вязкостью при 50 °С 25 и 40 мм²/с применяют для горизонтальных направляющих, а 65 и 110 мм²/с — для наклонных и вертикальных направляющих. Допускается применение масел ИГСП-18 и ИГСП-38 для смазывания направляющих скольжения станков, где она осуществляется маслом из гидравлической системы, и к нему не предъявляют требования по противоскачковым свойствам.

Масла для тяжело нагруженных узлов

В эту группу входят масла, применяемые для смазывания всех видов зубчатых, червячных и винтовых передач различного промышленного оборудования: металлорежущих и деревообрабатывающих станков, молотов, прессов, литейных и формовочных машин, лебедок, прокатных станов, мостовых кранов, конвейеров, транспортеров, лифтов, подъемников, вращающихся цементных печей, калайдров, бумагоделательных машин, угольных комбайнов, текстильных и прядильных машин и др. Условия работы зубчатых передач настолько разнообразны, что для их смазывания требуется весьма широкий ассортимент смазочных материалов. В зависимости от требований к эксплуатационным свойствам применяют масла без присадок или с присадками, улучшающими противозадириые, противоиоизиые, антиокислительные, антикоррозионные, депрессорные и деэмульгирующие свойства. В настоящее время для зубчатых передач промышленного оборудования употребляют преимущественно масла без присадок вязкостью от 12 (50 °С) до 52 мм²/с (100 °С).

Следует отметить, что ассортимент масел, используемых для смазывания зубчатых передач промышленного оборудования, шире представленного в данном разделе, поскольку для этой цели применяют также моторные, трансмиссионные и некоторые другие масла.

Таблица 5.12. Характеристики масел серий ИСП и ИСПи

Показатель	ИСП-25	ИСП-40	ИСП-65
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	—	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	890	900	900
Вязкость при 50 °С, мм²/с	23,7—27,0	34,2—40,5	60,8—68,4
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	2,5	2,5
Число омыления, мг КОН/г, не более	6,0	6,0	6,0
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	200	210
застывания, не выше	—10	—10	—10
Содержание, %: не менее:			
цинка	0,12—0,15	0,12—0,15	0,12—0,15
серы	0,80	0,80	0,80
Зольность, %, не более	0,50	0,50	0,50
Коксуемость, %, не более	0,60	0,70	0,70
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5	6	6
Поверхностное натяжение, мН/м, не более	18	18	25
Смазывающие свойства:			
И ₂ , не менее	40	40	45
P _с , Н не ниже	2660	2660	3150
D _н при осевой нагрузке 200 Н, 20 °С, 4 ч, мм, не более	0,45	0,45	0,45

Примечания.
1. Выпуск масел ИСП и ИСПи обусловлен применением отечественной и импортной.
2. Вязкость кинематическая при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
3. Содержащие воды, механических примесей и осадков при хранении — отсутствие.

Масла индустриальные общего назначения И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А (ГОСТ 20799—75) — для легко- и средненагруженных зубчатых и червячных передач. (Эти масла описаны выше и их характеристики даны в табл. 5.5.)

Масла цилиндрические легкие 11 и 24 (ОСТ 38 0185—75) и тяжелые 38 и 52 (ГОСТ 6411—76) без присадок — характеристики которых приведены ниже в табл. 5.17, применяют по их основному назначению и для смазывания редукторов. Масло цилиндрическое легкое 11 применяют в тяжелоагрессивных механизмах, работающих при повышенных температурах и малой скорости — редукторы рольгангов, пресс-ножицы врубовых машин, угольных комбайнов, конвейеров, смесительных валцов, резиномесителей и др.

Масло цилиндрическое легкое 24 используют для смазывания цилиндрических зубчатых передач при высоких контактных нагрузках и малых окружных скоростях, тяжелоагрессивных червячных передачах — при скоростях скольжения до 3 м/с, тяжелоагрессивных редукторов прокатных станков, червячных и цилиндрических редукторов электромостовых и разливочных кра-

ИСП-110	ИСПи-25	ИСПи-40	ИСПи-65	ИСПи-110
И-Т-Д-220	—	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100	И-Т-Д-220
910	890	900	900	910
109,5—118,5	23,7—27,0	34,2—40,5	60,8—68,4	109,5—118,5
2,5	0,8	0,8	0,8	0,8
6,0	10,0	10,0	10,0	10,0
210	190	200	210	210
—10	—10	—10	—10	—10
0,12—0,15	0,02—0,04	0,02—0,04	0,02—0,04	0,02—0,04
0,80	0,60	0,60	0,60	0,60
0,50	0,30	0,30	0,30	0,30
0,70	0,35	0,40	0,40	0,50
6,5	7	7	7	8
25	—	—	—	—
50	30	30	35	40
3350	2240	2240	2240	2500
0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

присадок соответственно.

коррозия меди — выдерживает.

иов горячих цехов, редукторов шестеренных клетей, рольгангов, валцов, резиномесителей, угольных комбайнов и др.

Масла цилиндрические тяжелые 38 и 52 применяют для зубчатых передач (относительно редко), в основном — для тяжелоагрессивных и тихоходных передач и передач, работающих при повышенных температурах окружающей среды.

При правильном подборе указанные выше масла без присадок обеспечивают достаточно надежную и долговечную работу зубчатых передач промышленного оборудования. Однако, в некоторых случаях требуемая надежность и долговечность работы самого масла, а также смазываемого узла не достигаются. Создание более рациональной конструкции машины, в частности, уменьшение их массы, габаритов и материалоемкости при одновременном повышении надежности и долговечности, привело к повышению требований по эксплуатационным свойствам смазочных материалов. Поэтому для зубчатых передач промышленного оборудования применяют легированные масла, учитывая условия эксплуатации в средне- и тяжелоагрессивных зубчатых передачах. Это масла серии ИГП, ИСП и ИСПи. Описание

Таблица 5.13. Смазывающие свойства редукторных масел

Масло	ν_{50} , мм ² /с	Смазывающие свойства (ГОСТ 9490--75)		
		η_3	P_c , Н	D_H , мм
Легированные масла				
ИСП-25	23,7—27,0	40	2660	0,45
ИСП-40	32,4—40,5	40	2660	0,45
ИСП-65	60,8—68,4	45	3150	0,45
ИСП-110	109,5—118,5	50	3350	0,45
ИСПи-25	23,7—27,0	30	2240	0,45
ИСПи-40	32,4—40,5	30	2240	0,45
ИСПи-65	60,8—68,4	35	2240	0,45
ИСПи-110	109,5—118,5	40	2500	0,45
ИРп-40	31—40	40	3150	0,70
ИРп-75	72—80	45	3350	0,90
ИРп-85	135—150(40 °С)	50	3350	0,50
ИРп-150	120—140	50	3550	0,90
ИТП-200	216—240	55	3760	0,70
ИТП-300	304—357	55	3760	0,70
ИТП-500	470—620	—	—	0,45
Масла без присадок				
И-40А	41	20	1260	1,06
Остаточное масло	20(100 °С)	33	1410	0,84

их и характеристики даны выше (см. табл. 5.6 и 5.12). Смазывающие свойства редукторных легированных масел, длительное время применяемых для смазывания промышленного оборудования, приведены в табл. 5.13.

Масла ИГП-152, ИГП-182 применяют для легконагруженных зубчатых и червячных передач коробок скоростей, редукторов и др. Применение масел ИГП по сравнению с маслами без присадок позволяет не только в 2—3 раза сократить расход масла, но и снизить износ поверхностей трения.

Масла ИСП и ИСПи применяют для смазывания зубчатых и червячных механизмов — коробок скоростей подач, редукторов, мотор-редукторов, зубчатых муфт, всевозможных средне-нагруженных элементов станочного оборудования и автоматических линий, где требуются масла с улучшенными смазывающими свойствами.

Масла серии ИРп и ИТП (табл. 5.14). Масла ИРп-40, ИРп-75, ИРп-150 (ТУ 38 101451—78) и ИРп-85 (ТУ 38 101853—83) — дистиллятные и смеси остаточных и дистиллятных масел из сернистых нефтей, очищенных и глубокоочищенных селективными растворителями, с присадками, улучшающими противозадирные, противоизносные, антифрикционные, антиокислительные, антикоррозионные и противопенные свойства. Применяют для зубчатых передач промышленного оборудования, работающего при средних и высоких нагрузках, в том числе при

Таблица 5.14. Характеристики легированных масел серии ИРп и ИТП

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ИРп-40	ИРп-75	ИРп-150	ИРп-85	ИТП-200	ИТП-300	ИТП-500
Обозначение по ГОСТ 17479,4—87	ИЛ-Т-Д-68	ИЛ-Т-Д-100	ИЛ-Т-Д-220	ИЛ-Т-Д-100	ИЛ-Т-Д-460	ИЛ-Т-Д-680	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	900	910	910	910	935	955	920
Вязкость, мм ² /с: при 50 °С	36—44	72—80	120—140	—	216—240	304—357	470—620
при 40 °С	[*] 2,0	[*] 2,0	[*] 2,0	135—150 2,0	414—506 1,5—2,2	612—748 1,5—2,2	— 2,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	190	200	210	200	200	200	275
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	—10	—10	—20	—10	—10	—5	—10
застывания, не выше	1,6	1,6	1,6	—	2,0	1,5	—
Содержание, %: общей серы, не менее	—	—	—	—	0,09	0,09	—
цинка, не менее	—	—	—	—	—	—	0,05
воды, не более	—	—	—	—	—	—	0,02
механических примесей, не более	—	—	—	—	—	—	—
Зольность, %, не более	0,45	0,45	0,45	—	—	—	0,50
Коксуемость, %, не более	0,7	1,0	1,2	0,8	2,0	4,0	2,5
Испытание на коррозию меди	40	45	50	50	55	55	—
Смазывающие свойства: И ₃ , не менее	3150	3350	3550	3350	3760	3760	—
P_c , Н, не менее	0,7	0,9	0,9	0,5	0,7	0,7	—
D_H (200 Н, 4 ч, мм), не более	—	—	—	—	—	—	0,45

Примечания.

- 1. Масло ИРп-40 по требованию потребителей выработывают с $t_{заст} = -25$ °С, с деаэратором ПМА «Д».
- 2. Для всех масел содержание осадков при хранении, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.
- 3. Для масла ИРп-85 индекс вязкости >90, цвет <6 ед. ЦНГ, внешний вид — однородная прозрачная жидкость.

наличии ударных нагрузок. Можно использовать также в циркуляционных системах для смазывания различных механизмов, работающих при повышенных нагрузках.

Масла ИТП-200 и ИТП-300 (ТУ 38 101292—79), **ИТП-500** (ТУ 38 101450—76) — остаточные минеральные масла из сернистых и малосернистых нефтей, селективной очистки, с противоизносной, противозадирной, антифрикционной, антикоррозионной и антиокислительной присадками. Применяют для тяжелоагрессивных зубчатых и червячных редукторов, а также для подшипниковых узлов, работающих при высоких нагрузках и температурах.

Ниже приведены основные и заменяющие их масла для зубчатых передач и направляющих скольжения (в скобках):

Основное масло	Заменитель, ТУ
ИСП-25, ИСПи-25	ПГСп-18, ТУ 38 101238—74 (И-ГН-Е-32, ТУ 38 101161—88)
ИСП-40, ИСПи-40	ИРп-40, ТУ 38 101451—78; ПГСп-38, ТУ 38 101238—74 (И-ГН-Е-68, ТУ 38 101161—88)
ИСП-65, ИСПи-65	ИРп-75, ТУ 38 101451—78;
ИСП-110, ИСПи-110	ИРп-150, ТУ 38 101451—78 или смесью с ИРп-75

Внедрение ГОСТ 17479.4—87 позволит сократить ассортимент и число марок редукторных масел.

Масла для прокатных станов

В данную группу входят масла, употребляемые в современных прокатных станах, которые оборудованы циркуляционными системами смазки с трубопроводами большой протяженности. Вследствие разветвленной циркуляционной системы смазки с маслопроводами малых сечений, а также возможности попадания в масло воды, к антиокислительной стабильности и деэмульгирующей способности масла предъявляют повышенные требования. Условия работы по нагрузкам и скоростям прокатных станов настолько разнообразны, что для них необходим весьма широкий ассортимент смазочных материалов. Намечившаяся тенденция повышения нагрузок и скоростей при прокатке металлов обусловили улучшение эксплуатационных свойств масел для тяжелоагрессивных подшипников жидкостного трения (ПЖТ) валков прокатных станов за счет введения функциональных присадок. При этом масла с присадками наряду с повышенной несущей способностью (рис. 61) наделяются антиокислительными, антикоррозионными и деэмульгирующими свойствами. Применение таких масел позволит увеличить производительность прокатных станов и ресурс работы подшипников жидкостного трения.

Рис. 61. Зависимость нагрузки P от скорости скольжения v для ПЖТ-180 при испытании масел:

1 — легированных И46ПВ (Пп-6) (а), И220ПВ (Пп-17) (б) и И460ПВ (Пп-28) (в); 2 — базовых; 3 — теоретические кривые для применяемых аналогичных масел без присадок: Т30 (а), МС-14 (б) и П-28 (в)

Разработаны и допущены к применению три масла, различающиеся уровнем вязкости при 100 °С: И46ПВ (Пп-6), И220ПВ (Пп-17) и И460ПВ (Пп-28), из которых в настоящее время производят только масло И46ПВ. Для прокатного оборудования вырабатывают масла без присадок, вязкостью при 100 °С от 11 до 40 мм²/с, и масла легированные.

Масла без присадок (табл. 5.15)

Валеры облепченные 13, 25, 30 (ТУ 38 101361—73) получают смешением высоковязкого остаточного масла (цилиндровое тяжелое 52, см. ниже) с индустриальными маслами общего назначения без присадок И-20А и И-40А или путем очистки масляного полугудрона малосернистых нефтей. Применяют для прокатного оборудования при давлениях на трущихся поверхностях 60—120 · 10³ Н.

Масло П-28 (ГОСТ 6480—78) — получают из бакинских малосернистых нефтей кислотнo-контaктной очистки. Применяют в основном для тяжелоагрессивных ПЖТ валков прокатных станов, для которых необходимо высококачественное минеральное масло вязкостью при 100 °С около 30 мм²/с. Из-за истощения запасов бакинских нефтей это масло дефицитное и для смазывания другого прокатного оборудования не рекомендуется. Кроме того, масло П-28 используют для цилиндропоршневой группы воздушных компрессоров с высокой степенью сжатия. В зависимости от условий эксплуатации (удельные нагрузки и скорости) для ПЖТ прокатных станов применяют и другие масла: Т30 (ГОСТ 32—74), ТС-14,5 (ТУ 38 101110—71), МС-20 (ГОСТ 21743—76).

Масло ПС-28 (ГОСТ 12672—77) — остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки; получают смешением вы-

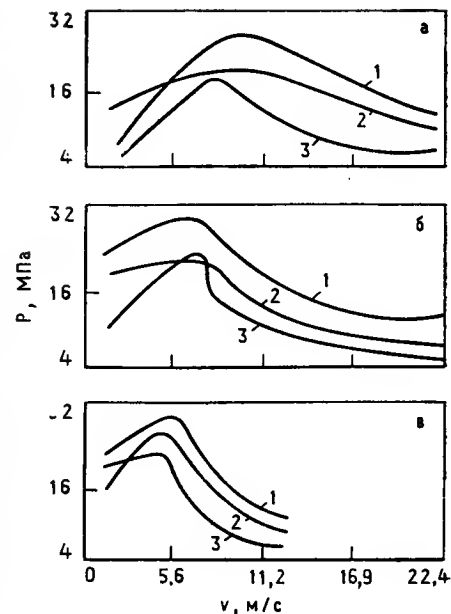


Таблица 5.15. Характеристики масел без присадок для прокатных станов

Показатель	Вспарываемые*			ТС-14,5**	П-28	ПС-28	П-40
	13	25	30				
Плотность, кг/м³, не более	—	—	—	—	905	930	—
Вязкость при 100 °С, мм²/с	11,4—14,5	24,5—27,0	30—33	≥14,5	26—30	26—30	32—44
Индекс вязкости, не менее	—	—	—	—	78	80	80
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	—	0,1	0,04	0,02	0,02
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	190	190	200	285	250	280
застывания, не выше	—10	—10	—5	—15	—10	—10	—10
Содержание, %: не более:							
воды	0,05	0,05	0,05	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Следы
механических примесей	0,01	0,01	0,01	0,005	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
серы	—	—	—	0,5	—	1,5	1,8
Коксуемость, %, не более	2,0	2,0	2,5	—	1,0	1,2	1,6

* Зольность в паре не более 0,015%.

** Вязкость динамическая при —20 °С — не более 65 Па·с.

Примечания.

1. Вязкость кинематическая при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
 2. Для масел П-28, ПС-28 и П-40 содержание подрастворимых кислот и щелочей, в для ПС-28 — селективного растератора — отсутствует; стабильность против окисления: приращение кислотного числа не более 0,2 мг КОН/г, приращение смол не более 4,5%; все эти масла выдерживают испытание на коррозию стали, цвет нормируется для масла П-28 — 8 ед. ЦНТ.

соковязкого остаточного компонента из деасфальтизата первой и второй ступеней. Применяют для редукторов и тяжелонагруженных узлов прокатного оборудования, для оборудования шинных заводов и др.

Масло П-40 (ТУ 38 101312—78) — высоковязкое остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки. Предназначено для редукторов тяжелых прокатных станов и других тяжелонагруженных механизмов, для которых требуется высоковязкое очищенное масло.

Легированные масла (табл. 5.16)

Масло И46ПВ (Пп-6) (ТУ 38 101908—85) — дистиллятное масло из сернистых нефтей селективной очистки с присадками, улучшающими вязкостно-температурные, защитные, антиокислительные, деэмульгирующие и противопенные свойства. Предназначено для смазывания современных и перспективных ПЖТ валков прокатных станов.

Масло П8П (ТУ 38 101248—72) — смесь остаточного компонента (деасфальтизат $\nu_{100} \geq 44$ мм²/с) и дистиллятного компонента из сернистых нефтей селективной очистки с добавлением присадки «Совол» (пластификаторный по МРТУ 601-373—69):

Предназначено для тяжелонагруженных зубчатых передач прокатных станов, работающих во всех климатических районах страны.

Масло И100Р(с) (ТУ 38 101901—86) — смесь остаточного и дистиллятного масел из сернистых нефтей селективной очистки с присадками, улучшающими противозадириные и депрессорные свойства.

По эксплуатационным свойствам масла П8П и И100Р(с) идентичны; из-за дефицита присадки «Совол» с 1990 г. масло П8П будет снято с производства.

Масла П8П (ТУ 38 101248—72) и **И100Р(с)** (ТУ 38 101901—86) — применяют для тяжелонагруженных зубчатых передач прокатных станов, работающих во всех климатических районах страны.

Таблица 5.16. Характеристики легированных масел для прокатных станов

Показатель	И46ПВ (Пп-6)	П8П	И100Р(с)
Плотность, кг/м³, не более	880	—	900
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 100 °С	6,5—7,5	8—12	—
при 40 °С, мм²/с	41,5—50,5	—	90—110
Вязкость динамическая (при температуре, °С), Па·с, не более	—	40(—20)	10(—10)
Индекс вязкости, не менее	98	—	87
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,3	0,5
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	175	200
застывания, не выше	—10	—25	—15
Содержание, %: не более:			
воды	Отсутствие	Отсутствие	Следы
механических примесей	0,007	0,007	0,007
серы	1,1	—	0,40*
Зольность, %, не более	0,02—0,04	—	—
Коксуемость, %, не более	0,2	—	—
Испытание на коррозию:			
меди	—	—	Выдерживает
стали	Отсутствие	—	Выдерживает

* За счет присадок.

Примечания.

1. Вязкость при 40 °С не нормируется, определение обязательно.

2. Для масла И46ПВ щелочное число 0,07—0,14 мг КОН/г; деэмульгирующие свойства — время расслоения эмульсии <20 мин, а объем слоев (масло — вода — эмульсия) 40—37—3 см³; стабильность против окисления: изменение вязкости <5%, изменение кислотного числа <0,1 мг КОН/г.

3. При производстве масла П8П один раз в квартал определяют динамическую вязкость при —20 °С и смазывающие свойства (I_3 , P_c , D_n) по ГОСТ 9490—75.

Основное назначение цилиндрических масел — смазывание горячих частей паровых машин (паровозов, локомотивов, судовых и стационарных машин, паровых молотов, копров и др.). Цилиндрическое масло должно хорошо распыливаться, равномерно распределяться по площадям трения и не должно образовывать нагара, что обуславливается стойкостью масла против окисления кислородом воздуха при высоких температурах. Этот показатель зависит от химического состава масла, т. е. от свойств сырья и способа получения. Масло не должно вызывать коррозии металлических поверхностей и должно сохранять текучесть при низких температурах.

Цилиндрические масла делят на две основные группы: для машин, работающих насыщенным паром, и для машин, работающих перегретым паром. Характеристики масел приведены в табл. 5.17.

Таблица 5.17. Характеристики цилиндрических масел

Показатель	Цилиндрические легкие		Цилиндрические тяжелые	
	11	24	38	52
Плотность, кг/м ³ , не более	920	940	930	930
Вязкость, мм ² /с, при 100 °С	9—13	22—28	32—50	50—70
Индекс вязкости, не менее	65	35	60	80
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,3	0,15	0,4	0,2
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	215	240	300	310
застывания, не выше	5	20	17	—5
Содержание, %, не более:				
воды	Отсутствие	Следы	0,05	0,05
механических примесей, не более	0,007	0,05	Отсутствие	0,007
водорастворимых кислот и щелочей		Отсутствие		
Зольность, %, не более	0,03	0,03	0,015	0,01
Коксуемость, %, не более	0,7	2,2	2,5	2,5
Коррозия стали	Выдерживает			

Примечания.

1. Вязкость кинематическая при 40 °С не нормируется, определение обязательно.

2. По согласованию с потребителями в масло цилиндрическое 11 из бакинских парафинистых нефтей разрешается добавление 0,2% депрессатора. Для масла цилиндрического 38 из бакинских нефтей индекс вязкости и показатель «коррозия стали» не определяют.

3. По согласованию с потребителем масло цилиндрическое 52 допускается вырабатывать из казахстанских нефтей зольностью ≤ 0,15%, $t_{\text{всп}} > 305$ °С и $t_{\text{заст}} < 5$ °С; из мартышанской нефти — $t_{\text{заст}} < 10$ °С и для ее снижения допускается добавление ≤ 0,5% депрессатора АФК, АЗНИИ—ЦИАТИМ-1 или другого, более эффективного депрессатора.

В паровых машинах, работающих насыщенным паром, масло находится в относительно мягких условиях, подвергаясь действию пара давлением до 1,6 МПа при температуре до 200 °С. Важным эксплуатационным свойством этих масел является стойкость против смывания их конденсатом или влажным паром. Неочищенные масла, главным образом остаточные, обладают этим свойством в большей степени, чем дистиллятные очищенные. Повышенная эмульгируемость масла является его недостатком.

Масла различаются по вязкости, температуре вспышки и коксуемости. Для машин, работающих насыщенным паром, коксуемость не существенна и имеет значение лишь как показатель, контролирующий глубину очистки. Цилиндрические масла, как правило, должны быть высоковязкими, чтобы обеспечить необходимое уплотнение между кольцами и стенками цилиндров машины. По вязкости и по температуре вспышки можно судить о сравнительной стойкости к испарению легких фракций масла. Температура вспышки масел находится в пределах температур применяемого насыщенного пара или выше ее, что указывает на вполне удовлетворительные эксплуатационные свойства масла (испаряемость).

Масло цилиндрическое легкое 11 (ОСТ 38 0185—75) — дистиллятное из малосернистых нефтей контактно-щелочной очистки. Применяют для паровых машин, работающих насыщенным паром, а также тяжелоагрессивных механизмов, работающих при малых скоростях. При смазывании паровых машин его заменяют маслом цилиндрическим 24, а других машин и механизмов — более высококачественными легированными маслами — ИГП-72 или ИГП-91.

Масло цилиндрическое легкое 24 (ОСТ 38 0185—75) — дистиллятное из малосернистых нефтей щелочной очистки. Служит для смазывания цилиндров и золотников паровых машин, а также цилиндрических зубчатых передач при высоких контактных нагрузках и малых окружных скоростях тяжелоагрессивных червячных передач при скоростях скольжения до 3 м/с. При смазывании паровых машин его можно заменять трансмиссионным неочищенным маслом, при смазывании механизмов с циркуляционной смазкой — маслом для прокатных станов из сернистых нефтей ПС-28, а при необходимости использования высококачественных масел — маслами ИГП-152 или ИГП-182.

В паровых машинах при интенсивной конденсации пара, например в паровых насосах, а также взамен масла цилиндрического 24 допускается применение масла трансмиссионного из малосернистых нефтей неочищенного — нигрол.

Масла для машин, работающих перегретым паром

Масла этой группы работают в контакте с перегретым паром при 350—400 °С и выше. К ним предъявляют более высокие требования, чем к маслам для машин, работающих насыщенным паром. В частности, они должны обладать высокой вязкостью и температурой вспышки, косвенно характеризующей степень испаряемости масел. Употребляют эти масла и для механизмов, работающих при больших нагрузках и малых скоростях.

Масло цилиндрическое тяжелое 38 (ГОСТ 6411—78) — дистиллятное масло, полученное при перегонке со щелочью масляного гудрона легкой балаханской нефти. Используют для поршневых паровых машин различного назначения, работающих с перегретым паром до 350 °С.

Масло цилиндрическое тяжелое 52 (ГОСТ 6411—78) — остаточное из малосернистых нефтей сериокислотной и селективной очистки. Применяют для поршневых паровых машин различного назначения, работающих с перегретым паром до 400 °С (и выше). Отличается от масла цилиндрического 38 более высокой вязкостью, температурами вспышки и застывания, пониженной зольностью.

Специальные индустриальные масла

В группу специальных масел включены минеральные и синтетические масла с присадками, предназначенными для использования в узких областях или специфических условиях. Их ассортимент и конкретные области применения даны ниже.

Масло Ипт-20 (ТУ 38 101611—76) — дистиллятное минеральное из сернистых нефтей с присадками противозносной трибополимеробразующей и антиржавчиной.

Предназначено для тяжело нагруженных узлов трения, работающих при температуре масла не выше 50 °С. Применяют на ВАЗ для смазывания подшипников скольжения запорных механизмов машин литья под давлением.

Масло И-68СХ (ТУ 38 101775—81) — минеральное из сернистых нефтей с композицией присадок, улучшающих противозносные, антиокислительные, защитные и эмульгирующие свойства. Применяют его для смазывания пневматических перфораторов буровых установок, используемых для бурения шурфов и скважин по высокообразивным рудам и породам.

Масло ИМТ-160 (ТУ 38 101674—78) представляет собой остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки с композицией присадок, улучшающих противозадирные, противозносные, антиокислительные и антипенные свойства, эффективность туманообразования. Предназначено для смазывания ме-

Таблица 5.18. Характеристики специальных индустриальных масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Ипт-20	И-68СХ	ИМТ-160
Вязкость, мм ² /с: при 50 °С	17,0—24,0	—	150—180
при 40 °С	[*]	61,2—74,8	[*]
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,15—0,35	1,8	4,0
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	180	200	210
застывания, не выше	—10	—25	—10
Содержание, %, не более: воды	Отсутствие	Следы	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	0,02	Отсутствие
цинка, не менее	—	0,08—0,13	0,17
Зольность, %, не более	—	0,5	0,7
Коррозия: меди	—	Выдерживает	
стали	—		

Примечания.

1. Для всех масел содержание водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.
2. Для масла И-68СХ нормируется эмульгируемость, время до начала расслоения эмульсии не менее 15 мин.
3. Для масла ИМТ-160 нормируются: внешний вид — однородная прозрачная жидкость, плотность — не более 910 кг/м³, индекс вязкости — не менее 90, коксуемость — не более 1,4, показатель износа D_H (200 Н, 20 °С, 4 г) — не более 0,5 мм; $H_2 > 55$; $P_c > 3160$ Н.

тодом масляного тумана (МТ) и жидкого смазывания металлургического оборудования.

Характеристики масел Ипт-20, И-68СХ и ИМТ-160 приведены в табл. 5.18.

Масла ИЦп-20, ИЦп-40 (ТУ 38 101482—74) — очищенные остаточные масла из сернистых нефтей селективной очистки. **Масло ИЦп-20** содержит адгезионную и антиржавчинную присадки и дисульфид молибдена. **Масло ИЦп-40** содержит адгезионную, противозадирную и антиржавчинную присадки.

Оба масла служат для смазывания цепей подвесных ипольных конвейеров, периодически проходящих через сушильные камеры, температура в которых поддерживается на уровне 180—200 °С.

Масла серии ИМСп — дистиллятные и остаточные масла из сернистых нефтей селективной очистки.

Масло ИМСп-32 (ТУ 38 1011006—84) содержит присадки, улучшающие термическую стабильность и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм при формовании стеклянных деталей цветных телевизоров.

Масло ИМСп-46 (ТУ 38 1011007—84) содержит присадки, улучшающие при высокой температуре (500 °С) смазывающие,

Таблица 5.19. Характеристики масел серий ИЦП и ИМСп

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ИЦП-20	ИЦП-40	ИМСп-32	ИМСп-46	ИМСп-220*
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	1005	930	880	1000	930
Вязкость, мм²/с, при 40 °С	155—165	860—920	[*]	40—52	135—165**
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,30	0,40	—	—	—
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше	240 —10	250 —10	180 —	200 —	210 —
Содержание, %: MoS ₂ (Ø ≤ 1 мкм) графита осадка	0,5—0,6 — —	— — —	— 0,65—1,0 —	— 10,0—12,0 —	— — —
антифрикционного наполнителя	—	—	—	—	5,5—7,5
Зольность, %, не более	0,45	—	0,01	0,50	0,50—0,70

* Кинематическая вязкость не нормируется, определение обязательно.

** В состоянии поставки кинематическая вязкость определяется без графита.

антиокислительные и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм горловых колец стеклоформирующих машин при производстве стеклотары для детского питания.

Масло ИМСп-220 (ТУ 38 101892—81) содержит присадки, улучшающие смазывающие, антиокислительные и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм стеклоформирующих машин при производстве стеклотары механическим способом.

Характеристики масел ИЦП и ИМСп приведены в табл. 5.19.

Масла технологические серии ТМС представляют собой минеральные дистиллятные масла из сернистых нефтей селективной очистки с композицией присадок, улучшающих смазывающие и антиокислительные свойства.

Характеристики масел серии ТМС приведены в табл. 5.20.

Масло ТМС-3 (ТУ 38 101941—83) предназначено для волочения проволоки диаметром 0,01—0,02 мм из легированной стали на станах «Ювелир — Кратос».

Масло ТМС-6 (ТУ 38 101826—85) предназначено для смазывания и охлаждения валков и леит при холодной прокатке на многовалковых прокатных станах листов, полос и леит из легированных, электротехнических, углеродистых марок сталей и прецизионных сплавов.

Таблица 5.20. Характеристики масел серии ТМС

Показатель	ТМС-3	ТМС-6	ТМС-22
Плотность, кг/м³, не более	850	870	890
Вязкость, мм²/с: при 50 °С	2,0—2,7	5,5—6,5	14—16
при 40 °С	2,6—3,3	7,5—9,5	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	1,5—2,5	2,5
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше	80 —10	135 —10	160 —10
Содержание, %: цинка, не менее воды, не более	— Отсутствие	0,04 Следы	0,04 0,45
Зольность, %, не более	0,015	0,45	0,45
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	2,0	4,0

Примечания.

1. Для всех марок масел содержание механических примесей — отсутствие, внешний вид — однородная прозрачная жидкость.

2. Вязкость кинематическая при 40 °С для масла ТМС-22, а для ТМС-3 смазывающие свойства не нормируются, определение обязательно.

Масло ТМС-22 (ТУ 38 101922—82) предназначено для смазывания и охлаждения валков и легированной стали при прокатке на многовалковых прокатных станах специальной лезвийной стали.

Масла технологические ТП-22, ТП-22А (ТУ 38 101360—80) — остаточные масла из сернистых или малосернистых нефтей (см. табл. 5.15), различающиеся композицией присадок. Применяют при механизированной пайке волией припоя. Характеристики масел ТП-22 и ТП-22А приведены в табл. 5.21.

Технологические жидкости: РЖ-3, РЖ-8, ТСП, ИСЭ-25 и «Предокол». Жидкость РЖ-3 (ТУ 38 101964—83) — маловязкая гидрированная фракция нефти. Применяют в качестве рабочей в электроэрозионных станках малой мощности, вместо керосина

Таблица 5.21. Характеристика технологических масел ТП

Показатель	ТП-22, ТП-22А
Плотность, кг/м³, не более	910
Вязкость при 100 °С, мм²/с	20—24
Кислотное число, мг КОН/г, не менее	17,0
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше	230 —10

Примечания.

1. Вязкость кинематическая при 40 °С не нормируется, определение обязательно.

2. Содержание воды и механических примесей — отсутствие.

на операциях механооборочного производства (хонингование, доводка, полирование, промывка), а также в качестве разбавителя в экстракционных системах.

Жидкость РЖ-8 (ТУ 38 101883—83) — маловязкая гидрированная фракция нефти. Применяют в качестве рабочей в электроэрозионных станках средней и большой мощности, а также в качестве смазочно-охлаждающей жидкости на токарных и доводочных операциях механо-сборочного производства.

Жидкость ТСП (ТУ 38 101143—88) — фракция дизельного топлива из сернистых нефтей с присадками. Применяют для смазки литейных форм при производстве гипсовых изделий.

Жидкость ИСЭ-25 (ТУ 38 101412—76) — дистиллятное масло из сернистых нефтей, содержащее эмульгирующую присадку. Применяют для раскатки внутренних поверхностей тормозных цилиндров автомобилей в качестве охлаждающей жидкости при механической обработке металлов. Важными показателями качества являются вязкость и смываемость с металлических поверхностей водой, которая обеспечивается введением специальной присадки.

Защитная жидкость «Предокол» (ТУ 38 101132—78) — нефтяная фракция (280—340 °С), содержащая вязкостную, масло-растворимую сульфонатную и антикоррозионную присадки. Применяют на ВАЗ при предварительной вальцовке листового материала перед штамповкой, для защиты металлических панелей и других деталей во время коротких периодов хранения в закрытых помещениях, а также как жидкость для мойки. Наиболее важными показателями качества являются температура вспышки, коррозия, защитная способность от влаги и стойкость к кислороду.

Характеристики технологических жидкостей приведены в табл. 5.22.

Приборные масла

Масла, используемые для смазывания приборов и аппаратов, условно делят на четыре подгруппы: 1) общего назначения, 2) специального назначения на минеральной и синтетической основе, 3) масла на смешанной (синтетической и минеральной) основе и 4) часовые масла. Изготавливают приборные масла на нефтяной основе и синтетические. В большинстве приборных масел вводят присадки.

Масла общего назначения (табл. 5.23)

Масло МВП (ГОСТ 1805—76) — нефтяное масло серию-кислотной очистки, вырабатывают из низкозастывающих нефтяных фракций. Предназначено для смазывания контрольно-измерительных приборов, работающих при температурах —60...+110 °С,

Таблица 5.22. Характеристики технологических жидкостей

Показатель	РЖ-3	РЖ-8	ТСП	ИСЭ-25	«Предокол»
Плотность, кг/м ³ , не выше	—	—	840	900	857—880
Вязкость, мм ² /с: при 20 °С	≤3,0	6,0—8,5	≤4,1	—	≤16,0
при 50 °С	—	—	—	23,7—27,0	≤8,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5	0,03	13,0	0,1	Отсутствие
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	80	120	63	190	115
застывания, не выше	—20	—6	—30	—15	—
Зольность, %, не более	—	—	—	0,02	—

Примечания.

1. Для всех жидкостей: внешний вид — прозрачная жидкость, механические примеси и вода — отсутствие испытания на коррозию выдерживают.

2. Для РЖ-3 и РЖ-8 содержание ароматических углеводородов не более 5,5%, серы — не более 0,03 и 0,01 соответственно.

3. Жидкость «Предокол» имеет число омыления не более 6 мг КОН/г.

для наполнения масляно-пневматических амортизаторов, а также для производства пластичных смазок. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят масло по ГОСТ 1510—84.

Масло телеграфное (ГОСТ 7916—80) — смесь масла турбинного 22 и горчичного масла (5%). Применяют для смазывания телеграфных аппаратов. Транспортируют и хранят в бидонах из белой жести.

Масло МЗ-52 (ГОСТ 21748—76) представляет собой головную фракцию при выработке основы масла АМГ-10. Используют в качестве рабочей жидкости в спиральных потенциометрах типа ПСМ-18. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Масло ВНИИП-408 (ТУ 38 101700—77) — нефтяное глубокоочищенное из сернистых нефтей с присадками. Предназначено для высокоточных шпинделей приборов, измеряющих округлость формы и для других точных приборов. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84. Расфасовывают масло во флаконы вместимостью 10 мл с полиэтиленовой прокладкой и навинчивающейся крышкой. Масло, используемое в точных приборах, за исключением приборов, измеряющих округлость формы, допускается упаковывать в герметично закрывающиеся стеклянные бутылки вместимостью до 10 дм³.

Масло ПАРФ-1 для счетно-аналитических машин (ТУ 38 101635—76) — нефтяное глубокоочищенное с присадкой. Употребляют для контрольно-кассовых машин. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят в таре вместимостью 1—5 дм³.

Таблица 5.23. Характеристики приборных масел общего назначения

Показатель	Приборное МВЛ	Тетрафное	МЗ-52*	ВНИИНП-408	ПАРФ-1	МАС-8Н	МАС-14Н	МАС-30НК
Вязкость, мм ² /с: при 50 (100) °С	6,5—8,0	21—25	—	—	16—24	(7,5—9,0) (≤4000)	(8—12) (≤8000)	(24—27) —
при 20 (—20) °С	—	—	3,3	8—10	—	115	112	112
Индекс вязкости, не менее	(125)	—	(80)	107	175	225	(200)	285
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	—60	—	—	—60	—10	—55	—49	—41
застывания, не выше	0,03	0,5	0,03	0,2	0,15	0,03	Отсутствие	Отсутствие
Кислотное число, мг КОН/г, не более	Отсут- ствие	—	—	Отсут- ствие	—	—	—	—
Содержание, %: водорастворимых кислот и щелочей	Отсут- ствие	0,007	Отсут- ствие	Отсут- ствие	—	—	Отсутствие	—
механических примесей, не более	Отсут- ствие	—	—	—	—	—	—	—
воды	—	Отсут- ствие	—	Отсут- ствие	—	—	—	—
Коррозия, г/м ²	—	—	—	—	—	—	—	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	—	—	—	—	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1,5	—	0,5	—	—	1,0	1,0	1,0
Анилиновая точка, °С, не ниже	≤900	—	815—880	—	850—870	835—845	840—850	850—855
Зольность, %, не более	0,005	—	—	—	0,005	118	129	143

* V₄₀ ≤ 46 мм²/с.

** Число частиц по ГОСТ 9270—59.

Масла МАС-8Н, МАС-14Н, МАС-30НК (ГОСТ 21791—76) синтетические жидкости, служат для смазывания механизмов как разделительные жидкости и для приготовления пластичных смазок. Работоспособны в контакте с некоторыми агрессивными средами в интервале температур —50...+50 °С. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Масла специального назначения на синтетической или минеральной основе (табл. 5.24)

Масло МП-601 (ТУ 38 101787—79) используют для шарикоподшипников микроэлектромашин и других приборов, работающих в температурном диапазоне —60...+180 °С при атмосферном давлении.

Масло МП-605 (ТУ 38 10178—80) предназначено для работы в шарикоподшипниках микроэлектродвигателей при температурах —60... до +200 °С и остаточном давлении 666,5 Па.

Масло МП-609 (ТУ 38 10176—81) используют в микроэлектродвигателях, работающих при температурах —70... до +100 °С, и в подшипниках приборов с малым моментом трогания при низкой температуре.

Масло МП-610 (ТУ 38 101120—76) применяют для смазывания шарикоподшипников микромашин, работающих в интервале температур —60... +250 °С, атмосферном давлении и повышенном содержании кислорода.

Масло ВНИИНП-6 (ТУ 38 001168—79) применяют для смазывания высокоскоростных и чувствительных шарикоподшипников при температурах от —40 до +100 °С.

Масло МП-715 (ТУ 38 101216—77) употребляют для смазывания прецизионных шарикоподшипников при температурах от —40...+150 °С.

Масло МП-720А (перспективная марка) предназначено для работы в узлах трения точных приборов. Отличается высокой трибохимической стабильностью и работоспособностью при больших контактных давлениях.

Масла МС-14Ф-0, МС-20Ф-0 (ТУ 38 1011000—84) предназначены для применения в приборах при температуре не выше 120 °С для МС-14Ф-0 и не выше 160 °С — для МС-20Ф-0. Получают из масел МС-14 и МС-20 после дополнительной осушки и фильтрования. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84 в стеклянных бутылках вместимостью до 1 дм³ с притертой или навинчивающейся пробкой с внутренней прокладкой.

Масла МП-601, МП-605, МП-714, МП-715, МП-720А и ВНИИНП-6 затаривают в бутылки из темного стекла.

Масло МП-704 (ТУ 38 101598—75) употребляют для смазывания чувствительных шарикоподшипников и узлов трения скольжения бытовых электроприборов. Упаковывают, маркиру-

Таблица 5.24. Характеристики приборных масел специального назначения

Показатель	МП-601	МП-605	МП-609	МП-610	ВНИИП-6
Внешний вид					
Цвет	От бесцветного до светло-желтого		От светло-коричневого до коричневого	Красно-коричневый	Прозрачная Желто-розовый с фиолетовым оттенком
Вязкость кинематическая, мм ² /с:					
при 100 °С	≥9	14—20	≥4,5	30—50	≥3,1
при 50 °С	—	—	—	—	≥8,7
при —20 °С	≥40	65—85	17—27	110—170	—
при —40 (—60) °С, не более	(3500)	(7000)	(450)	(4000)	1800
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	—	—	—	—	215
застывания, не выше	—70	—70	—80*	—80*	—65
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
Испаряемость (t °С; время), не более	20 (150; 100)	4 (200; 100)	5 (80; 100)	5 (200; 100)	—
Коррозия на пластинках из латуни Л-62 (ГОСТ 931—78) и стали ШХ-15 (t °С; время) (ГОСТ 801—78)	(200; 50)	(100; 24)	(250; 50)	(100; 24) медь М-14 М-2	Отсут
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1030—1050	—	970—990	—	—

* Температуру масел МП-609 и МП-610 определяют по ГОСТ 20841.3—75.

Примечания.

1. Вязкость кинематическая масла МП-605 при 200 °С > 4 мм²/с, масла МП-610 10—
2. Во всех маслах водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси и
3. Смазывающие свойства на ЧШМ (20±5) °С масла ВНИИП-6: $P_K > 940H$.

ют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84 в запаянных бидонах из белой жести или в стеклянных бутылках из темного стекла вместимостью до 1 дм³.

Масло ВНИИП-75 (ТУ 38 101943—83) предназначено для пропитки пористых подшипников микродвигателей. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Гарантийный срок хранения масел в таре изготовителя: 2 года для масел МП-601, МП-714, МП-715, ВНИИП-6, для остальных масел (кроме МП-720А) — 5 лет со дня изготовления.

МП-704	МП-714	МП-715	МП-720А	МС-14Ф-0	МС-20Ф-0	ВНИИП-75
жидкость						
От бесцветного до светло-желтого с фиолетовым оттенком	От светло-желтого до светло-коричневого	Красно-коричневый	Желтый	—	—	От желтого до коричневого с флуоресценцией
—	8—14	≥4—6	≥3,0	≥14,0	≥20,5	≥4,3
5—7	—	—	—	—	—	≥14,0
13—20	≥240	58—63	≥35	—	—	—
2000	—	18000	9000	—	—	10000
150	—	—	—	—	—	230
—50	—45	—45	—55	—30	—18	—60
0,05	0,1	0,1	0,4	0,25	0,03	0,20
6	6	10	10	—	—	—
(70; 20)	(150; 50)	(150; 50)	(100; 50)	—	—	—
ствне (150; 50)	(150; 50)	(100; 50)	—	—	—	(150; 4)
—	—	—	—	—	—	—

20 мм²/с.
вода — отсутств.
 $D_K < 0,36$ мм.

Масла на смешанной (синтетической и минеральной) основе (табл. 5.25)

Масла 132-07, 132-19, 132-20, 132-21 (ТУ 6-02-897—78) и 132-08 (ГОСТ 18375—73) предназначены для смазывания подшипников в различных приборах и узлах трения машин, работающих в интервале температур от минус 65—70 до плюс 70 °С. Представляют собой смесь полиэтилсилоксановой жидкости и минеральных смазочных масел в различных соотношениях. Упаковывают в стеклянную тару вместимостью от 0,25 до 1 дм³

Таблица 5.25. Характеристики масел на смешанной основе

Показатель	132-07	132-19	132-20*	132-20	132-21*	132-21	132-08
Вязкость, мм ² /с: при 20 °С	28—33	27—32	65—75	60—80	45—65	45—65	47—55
при —50 °С, не более	1300	1250	6000	9000	3000	5000	2200
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	165	165	175	170	170	170	173
застывания, не выше	—70	—65	—70	—70	—70	—70	—70
Кислотное число, мг КОН/г масла, не более	0,2	0,2	0,1	0,25	0,1	0,25	0,15
Содержание: воды, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
механических примесей	Отсутствие						
Коррозия	Отсутствие						
Плотность при 20 °С, кг/м ³	940— 960	920— 940	930— 950	930— 950	940— 960	940— 960	920— 940
Содержание кремния, %	18,0— 22,7	16,0— 23,0	17,0— 22,0	17,0— 22,0	19,0— 24,0	19,0— 24,0	21,0— 24,0

* Высшей категории качества.

(ОСТ 6-19-72—76), бутылки стеклянные вместимостью 20 дм³ (ГОСТ 14182—80), а также в банки из белой жести (ГОСТ 6128—81), бидоны из белой жести (ГОСТ 20882—75), фляги оцинкованные (ГОСТ 5799—78) и бочки алюминиевые (ГОСТ 21029—75). Гарантийный срок хранения смазочных масел в таре изготовителя — 2 года со дня изготовления. По истечении гарантийного срока масла анализируют на соответствие требованиям стандартов каждый раз перед применением.

Таблица 5.26. Характеристики часовых масел

Показатель	ВНИИ НП-ЧМЛ-400	ВНИИ НП-ЧМЗ-25
Вязкость, мм ² /с: при 50 °С	380—420	20—25
при —40 °С	—	≤35000
Индекс вязкости, не менее	100	150
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	270	155
застывания, не выше	—10	—45
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,25	0,20
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие	
Коррозия медной пластины (100 °С, 3 ч)	Выдерживает	

Часовые масла (табл. 5.26)

Масла ВНИИ НП-ЧМЛ-400 и ВНИИ НП-ЧМЗ-25 (ТУ 38 101620—76) состоят из нефтяной малосернистой основы и присадок загущающей и улучшающей коэффициент трения. Предназначены для смазывания механизмов часов, установлений на башнях. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84. Расфасовывают в стеклянную тару вместимостью 1 дм³.

Глава 6

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ*

НАЗНАЧЕНИЕ СМАЗОК

Основная функция смазок — уменьшение износа трущихся деталей с целью продления срока службы машин и механизмов. Наряду с этим смазки выполняют и другие функции. Так, в отдельных случаях они не столько уменьшают износ, сколько упорядочивают его, не допуская задира, заедания и заклинивания трущихся поверхностей. Смазки препятствуют прониканию к трущимся поверхностям агрессивных жидкостей, газов и паров, а также абразивных материалов (пыли, грязи и т. п.). Практически все смазки выполняют защитные функции, предотвращая коррозию металлических поверхностей. Благодаря антифрикционным свойствам, смазки существенно уменьшают энергетические затраты на трение, что позволяет экономить мощность машин и механизмов.

Для защиты от коррозии металлических изделий, машин и оборудования при их транспортировании и длительном хранении применяют специальные консервационные смазки. Наряду с консервационными смазками вырабатывают рабочие-консервационные, которые перед началом эксплуатации техники нет необходимости заменять на антифрикционные.

Для герметизации зазоров в механизмах и оборудовании, а также соединений трубопроводов и запорной арматуры применяют уплотнительные смазки, причем смазки обладают лучшими герметизирующими свойствами, чем масла.

Иногда к смазкам предъявляют специальные требования, например: повышать коэффициент трения, выполнять роль изоляционных или токопроводящих материалов, обеспечивать работу

* Авторы выражают благодарность В. В. Бутовцу за помощь в подготовке главы к печати.

узлов трения в условиях радиации, глубокого вакуума и т. п. Такие смазки относят к группе смазок специального назначения.

Основные условия и объекты применения смазок:

открытые и негерметизированные узлы трения,

труднодоступные узлы трения,

механизмы, расположенные под переменным углом к горизонту,

узлы трения, где невозможна частая смена смазочного материала,

переменный скоростной режим эксплуатации машин,

вынужденный контакт узла трения или защищаемой поверхности с водой либо агрессивными средами,

условия резко изменяющегося температурного режима,

герметизация подвижных уплотнений, сальников и резьбовых соединений;

длительная консервация машин, оборудования, приборов и металлических изделий.

необходимость упростить конструкцию, уменьшить массу и размер смазываемых устройств.

Для обеспечения перечисленных условий только 14% смазок расходуется для консервации и 2% для герметизации. Остальные смазки используют для уменьшения трения и износа трущихся деталей в качестве антифрикционных смазочных материалов.

СОСТАВ СМАЗОК

Смазки состоят из жидкой основы (дисперсионной среды), твердого загустителя (дисперсной фазы) и различных добавок. Кроме этих составляющих в смазках присутствуют и другие компоненты. Например, в составе гидратированных кальцевых смазок присутствует вода как стабилизирующий компонент. В некоторых мыльных смазках содержатся глицерин, выделившийся при омылении жиров, и продукты окисления масляной основы, образовавшиеся при термообработке смазки, а также свободные кислоты или щелочи и т.п. Для улучшения эксплуатационных свойств в состав смазок вводят присадки различного функционального назначения и твердые добавки. Таким образом, смазки представляют собой сложные многокомпонентные системы, основные свойства которых определяются свойствами масляной основы, загустителя, присадок и добавок.

Дисперсионная среда. В качестве масляной основы смазок используют различные смазочные масла и жидкости. Большинство смазок отечественного производства (около 97%) готовят на нефтяных маслах. Для получения смазок, работающих в специфических и экстремальных условиях, применяют синтетические масла — кремнийорганические жидкости, сложные эфиры, фтор- и фторхлоруглероды, синтетические углеводородные мас-

ла, полиалкиленгликоли, полифениловые эфиры. Широкое применение таких масел ограничено из-за дефицитности и высокой их стоимости. В отдельных случаях в качестве дисперсионной среды смазок применяют растительные масла, например касторовое масло.

Многие свойства смазок зависят от масляной основы. Природа, химический, групповой и фракционный состав дисперсионной среды существенно влияют на структурообразование и загущающий эффект дисперсной фазы, а следовательно, и на реологические и эксплуатационные свойства смазок. От масляной основы зависят работоспособность смазок в определенном интервале температур, силовых и скоростных нагрузок, их окисляемость, коллоидная стабильность, защитные свойства, устойчивость к агрессивным средам, радиации, а также набухаемость контактирующих изделий из резины, полимеров и т.п. Низкотемпературные свойства смазок (вязкость при отрицательных температурах, пусковой крутящий момент) зависят от вязкости масляной основы при низких температурах (рис. 62—64), а испаряемость — от молекулярной массы, фракционного состава и температуры вспышки дисперсионной среды и от продолжительности температурного воздействия (рис. 65).

Зависимость вязкости смазки от вязкости дисперсионной среды при одинаковых отрицательных температурах носит линейный характер (см. рис. 62) и описывается уравнением:

$$\eta_{см} = a + b\eta_{д.с.},$$

где $\eta_{см}$ — вязкость смазки; $\eta_{д.с.}$ — вязкость масла; a, b — коэффициенты.

Пусковой крутящий момент также является функцией вязкости масляной основы смазок, определенной при низких температурах (см. рис. 63 и 64).

Смазки работоспособны до температуры, при которой их вязкость не превышает 2000 Па·с, пусковой крутящий момент ниже 50 Н·см, а установившийся крутящий момент — не выше 10 Н·см. Нефтяные масла используют прежде всего для производства смазок общего назначения, работоспособных в интервале температур от —60 до 150 °С. Для узлов трения, работающих при температурах ниже —60 °С и длительное время при температурах выше 150 °С, применяют смазки, приготовленные на синтетических маслах. На синтетических маслах можно приготовить смазки, работоспособные от —100 до 350 °С и выше.

Из кремнийорганических жидкостей (олгоорганиосилоксанов) наиболее часто в качестве дисперсионных сред используют полиметилсилоксаны и полиэтилсилоксаны. Последние применяют в производстве смазок как в чистом виде, так и в смеси с нефтяными маслами. Полиметилфенилсилоксаны и полигалогенорганиосилоксаны обладают улучшенными противозносными

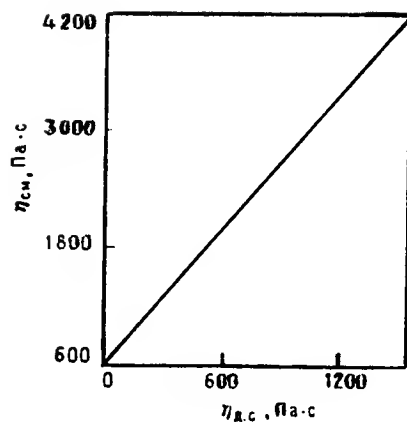


Рис. 62. Зависимость вязкости смазки $\eta_{см}$ от вязкости дисперсионной среды $\eta_{д.с.}$ при температуре -50°C и скорости деформации 10 с^{-1}

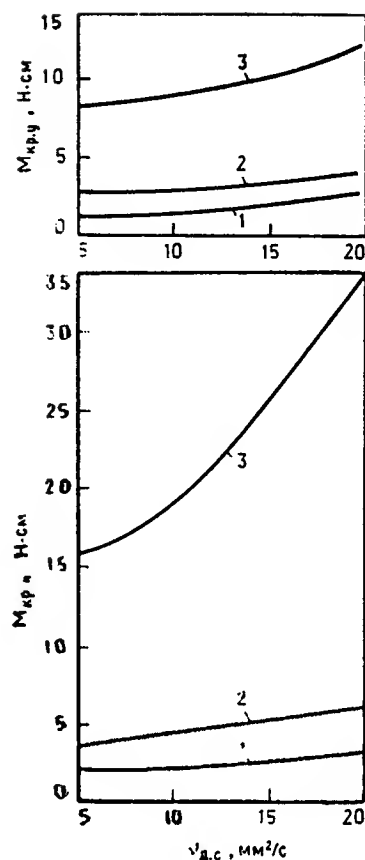


Рис. 63. Зависимость пускового крутящего момента $M_{кр.п}$ и установившегося крутящего момента $M_{кр.у}$ подшипника от вязкости дисперсионной среды $\nu_{д.с.}$ при 100°C и температуры: 1 — 0°C ; 2 — -30°C ; 3 — -50°C

и противозадирными свойствами в сравнении с обычными полисилоксанами. Эти жидкости обеспечивают получение смазок, работоспособных от минус $100-60$ до плюс $200-300^\circ\text{C}$.

Смазки на сложных эфирах применяют при температурах $-60 \dots +150^\circ\text{C}$; они характеризуются хорошей смазывающей способностью, однако не работоспособны в контакте с водой из-за гидролиза эфиров. Они также вызывают набухание резиновых уплотнений.

При производстве смазок используют и синтетические углеводородные масла на основе полиолефинов и алкилированных ароматических углеводородов, в первую очередь алкилбензолов. Смазки на алкилбензолах применяют при температурах $-60 \dots +200^\circ\text{C}$.

Использование полиалкиленгликолей в качестве дисперсионной среды обеспечивает работоспособность смазок в широком интервале температур — от -60 до 200°C . Смазки на полифе-

ниловых эфирах стабильны при воздействии не только высоких температур (до 350°C), но и кислорода и радиации.

Фтор- и фторхлоруглеродные масла термически стабильны до $400-500^\circ\text{C}$. Они не воспламеняются, не горят, устойчивы к воздействию сильных кислот, щелочей и других агрессивных сред, не окисляются, не вызывают коррозии металлов, обладают высокими смазывающими свойствами. Поэтому их применяют для получения огнестойких смазок и смазок, имеющих контакт с весьма агрессивными средами и в экстремальных условиях.

Дисперсная фаза. Температурные пределы применения смазок во многом определяются температурами плавления и разложения загустителя, его растворимостью в масле и концентрацией. От природы загустителя зависят антифрикционные и защитные свойства, водостойкость, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильность смазок. Так, мыла, являясь поверхностно-активными веществами, выполняют в смазках функцию и загустителя и противоизносного и противозадирного компонентов. Причем модифицирующее действие мыл на поверхности трения связано с поверхностно-молекулярным, а не с химическим взаимодействием, что характерно для фосфор-, серо- и хлорсодержащих присадок. Противозадирные свойства модельных смазок, в которых дисперсионной средой является нафтенно-парафиновое вазелиновое масло, а дисперсной фазой — литиевое, натриевое, кальциевое и бариевое мыла 12-гидроксистеариновой кислоты, приведены на рис. 66. Противозадирные

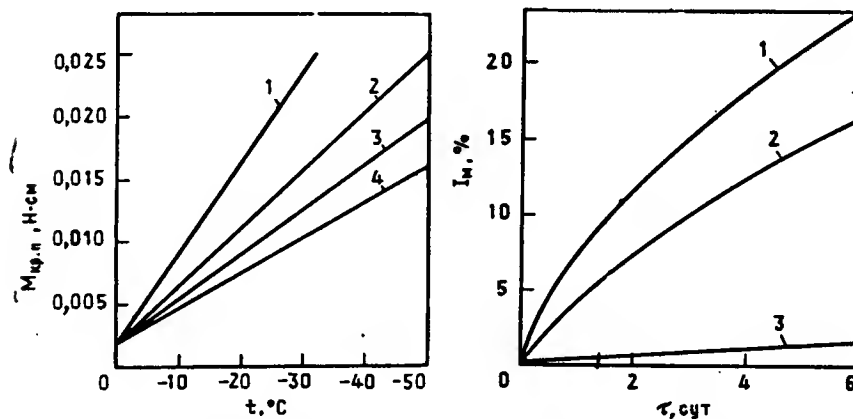


Рис. 64. Зависимость пускового крутящего момента $M_{кр.п}$ от температуры t смазок, приготовленных на различных мылах и дисперсионных средах: 1 — Солидол; 2 — Литол-24; 3 — Зимол; 4 — ЦИАТИМ-201

Рис. 65. Зависимость испаряемости масла I_m от продолжительности τ выдержки смазок при 100°C : 1 — ЦИАТИМ-201; 2 — ГОИ-54л; 3 — Литол-24

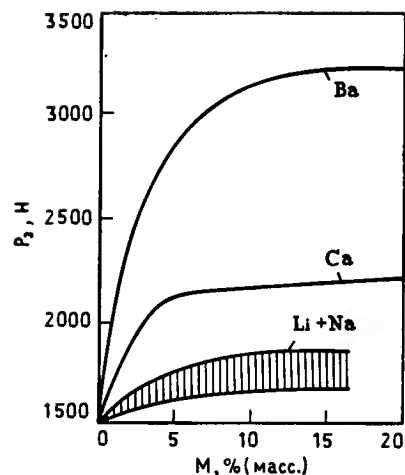


Рис. 66. Зависимость нагрузки заедания P_z от концентрации загустителя M (в пересчете на 12-НоСт) в бариевых, кальциевых, литиевых и натриевых смазках

свойства смазок определяли на ЧШМ «Ранэн» по нагрузке заедания P_z при частоте вращения $n=500 \text{ мин}^{-1}$. Трибологические свойства смазок зависят от природы катиона мыла (его донорно-акцепторных свойств) и улучшаются при переходе от катионов металлов I группы к катионам металлов II группы. Смазки, полученные на мылах различных катионов, значительно отличаются и по защитным свойствам. Это подтверждается данными метода «Динакорротест» (рис. 67).

Влияние катиона мыла на низкотемпературные характеристики смазок показано на рис. 68. Пусковой крутящий момент подшипника при -55°C повышается с увеличением вязкости дисперсионной среды. Na- и Li-смазки по низкотемпературным

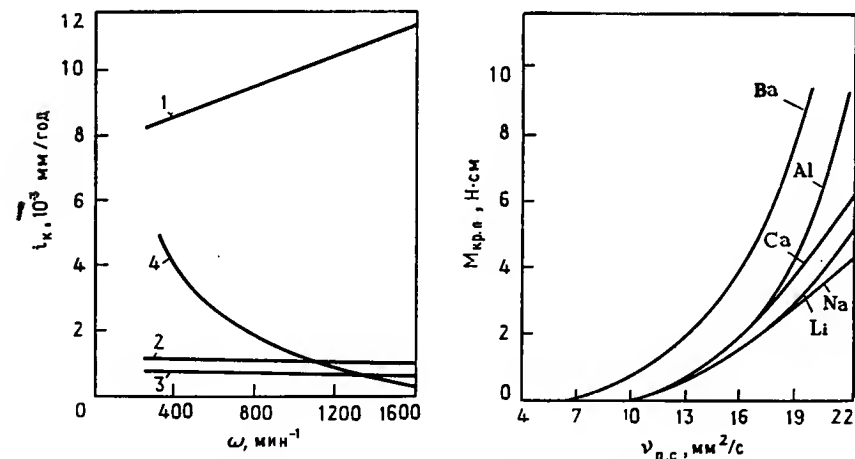


Рис. 67. Зависимость скорости коррозии i_k модельных смазок при различной частоте ω вращения подшипника от катиона мыла:

1 — 15% NaOSt; 2 — 10% LiOSt; 3 — 15% CaOSt; 4 — 20% BaOSt

Рис. 68. Зависимость пускового крутящего момента $M_{кр,п}$ смазок при отрицательной температуре от вязкости дисперсионной среды $\nu_{д,с}$ при $37,8^\circ\text{C}$ и катиона мыла

свойствам близки между собой и значительно превосходят Ca-, Al- и Ba-смазки.

Мыльные смазки подразделяют на обычные и комплексные. Верхний температурный предел применения мыльных смазок следующий: обычные кальцевые — $60 \dots 70^\circ\text{C}$ и комплексные кальцевые — $160 \dots 170^\circ\text{C}$; обычные литиевые — $110 \dots 130^\circ\text{C}$ и комплексные литиевые — $160 \dots 170^\circ\text{C}$; обычные алюминиевые — $65 \dots 70^\circ\text{C}$ и комплексные алюминиевые — $150 \dots 170^\circ\text{C}$. Углеводородные смазки работоспособны до $50 \dots 65^\circ\text{C}$, бентонитовые и силкагелевые в зависимости от дисперсионной среды — от -60 до 170°C и выше. Смазки на органических загустителях применяют, как правило, в качестве высокотемпературных.

Присадки и наполнители. Присадки — поверхностно-активные вещества, что предопределяет их активность, как в объеме смазки, так и на границе раздела фаз загуститель — дисперсионная среда. Для улучшения свойств смазок применяют в основном те же присадки, что и для легирования масел: противозносные, противозадирные, антифрикционные, защитные, вязкостные и адгезионные, ингибиторы окисления, коррозии и другие. Многие присадки являются полифункциональными.

Влияние различных противозадирных и противозносных присадок на трибологические характеристики — критическую нагрузку P_k и нагрузку сваривания P_c литиевых смазок на основе нефтяного масла иллюстрируется данными табл. 6.1.

Наполнители — это высокодисперсные, нерастворимые в маслах материалы, не образующие в смазках коллоидной структуры, однако улучшающие их эксплуатационные свойства. Наиболее распространены наполнители, характеризующиеся низкими коэффициентами трения: графит, дисульфид молибдена, тальк, слюда, нитрид бора, сульфиды некоторых металлов, асбест, полимеры, оксиды и комплексные соединения металлов, металлы.

Таблица 6.1. Трибологические характеристики смазок на гидроксистеарате лития в присутствии различных присадок (концентрация 3%)

Присадка	P_k , Н	P_c , Н	Присадка	P_k , Н	P_c , Н
Без присадки	560	1580	Сульфол	1120	2510
Осереженный кашалотовый жир	710	2000	ДФ-11	1000	1780
Диалкилбензилэтиленсульфид	560	2820	Англомол-99	1100	2820
ЛЗ-23К	890	2820	ВИР-1	1100	2820
Хлорированный парафин	630	1580	Хлорэф-40	1000	2000
Хлорэтанол	790	2000	КИНХ-2	1100	2820
Трикрезилфосфат	630	1580	Нафтенат свинца	560	2510

Таблица 6.2. Трибологическая характеристика P_k литевых смазок в присутствии различных наполнителей (концентрация 10%)

Наполнитель	P_k , Н	Наполнитель	P_k , Н
Без наполнителя	380	Графит	650
Слюда	200	Слюда + дисульфид молибдена (1:1)	480
Дисульфид молибдена	840	Слюда + политетрафторэтилен (1:1)	360
Диселенид молибдена	880		
Политетрафторэтилен	740		

ческие порошки и пудры. Влияние природы наполнителя на трибологическую характеристику P_k литевых смазок на основе нефтяного масла иллюстрируется данными табл. 6.2. Влияние концентрации наполнителей на трибологические характеристики P_k и P_c и на антифрикционные свойства (коэффициент трения f) для литевых смазок иллюстрируется данными табл. 6.3 и зависимостями, представленными на рис. 69 и 70.

Достаточно широко используют в качестве наполнителей оксиды цинка, титана и меди (I), порошки меди, свинца, алюминия, олова, бронзы и латуни, которые обычно замешивают в готовую смазку в количествах от 1 до 30%. Такие наполнители применяют преимущественно для производства резбовых и уплотнительных смазок, а также антифрикционных смазок, используемых в тяжело нагруженных узлах трения скольжения (различного рода шарниры, некоторые зубчатые и цепные передачи, винтовые пары и т. д.). Дискуссионным остается вопрос о целесообразности использования металлоплакирующих смазок в подшипниках качения, особенно в быстроходных и высокой точности исполнения. В большинстве случаев это приводит к отрицательному эффекту.

Эксплуатационные характеристики углеводородных смазок можно улучшить с помощью таких добавок, как природные вос-

Таблица 6.3. Трибологические характеристики и антифрикционные свойства смазок на 12-гидроксистеарате лития в присутствии наполнителей разной концентрации

Наполнитель, концентрация	P_k , Н	P_c , Н	f при $P=1300$ Н	Наполнитель, концентрация	P_k , Н	P_c , Н	f при $P=1300$ Н
Без наполнителя	650	1450	0,69	Дисульфид молибдена (МВЧ-1):			
Графит (С-1):				2%	850	1800	0,48
2%	650	1450	0,59	5%	900	1900	0,41
10%	650	1450	0,47	10%	1000	2000	0,34
30%	650	2800	0,36	30%	1100	2000	0,18

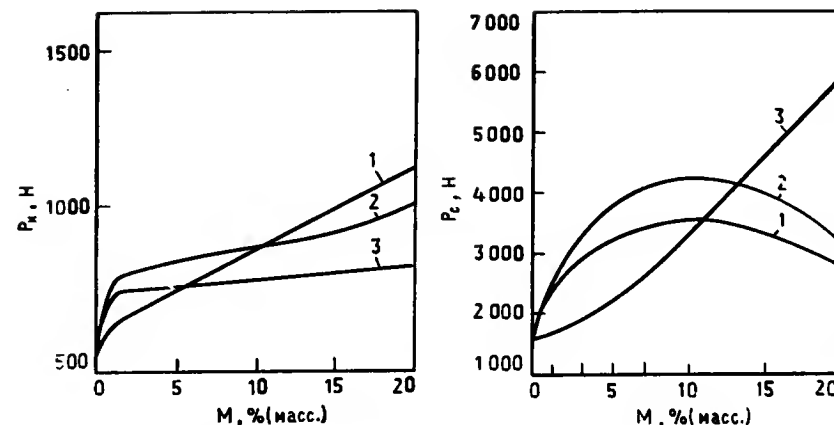


Рис. 69. Зависимость критической нагрузки P_k на ЧШМ от концентрации наполнителей M :

1 — дисульфид молибдена; 2 — диселенид молибдена; 3 — графит

Рис. 70. Зависимость нагрузки сваривания P_c на ЧШМ от концентрации наполнителей M :

1 — дисульфид молибдена; 2 — диселенид молибдена; 3 — графит

ки и их компоненты. Например, адгезионные, защитные и низкотемпературные свойства углеводородных смазок обычно улучшают введением в их состав буроугольного и торфяного восков, спермацета (табл. 6.4 и рис. 71). Эффективность действия природных восков определяется их химическим составом, молекулярной массой и концентрацией в смазках.

Таблица 6.4. Свойства углеводородных смазок с добавками восков

Добавка, концентрация	Температура, °С		Коллоидная стабильность, %	Адгезия; сброс, % (фактор разделения $K_p=6270$)
	капельпадения	хрупкости		
Без добавок	72	—62	2,5	80,0
Буроугольный воск:				
1%	71	—68	3,5	40,0
3%	72	—63	5,8	24,0
5%	73	—60	20,0	Отсутствие
Торфяной воск:				
1%	71	—68	4,4	50,0
3%	70	—68	5,5	35,0
5%	69	—67	17,0	Отсутствие
Спермацет:				
1%	68	—68	2,0	80,0
3%	67	—68	2,8	85,0
5%	67	—68	3,0	89,0

КЛАССИФИКАЦИЯ СМАЗОК

Смазки систематизируют по различным классификационным признакам: консистенции, составу и областям применения (назначению).

По консистенции смазки подразделяют на полужидкие, пластичные и твердые. Пластичные и полужидкие смазки представляют коллоидные системы, состоящие из масляной основы и загустителя, а также присадок и добавок, улучшающих различные свойства смазок. Твердые смазки до отверждения являются суспензиями, дисперсионной средой которых служит смола или другое связующее вещество и растворитель, а загустителем — дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т. п. После отверждения (испарения растворителя) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел, и характеризуются низким коэффициентом сухого трения.

По составу смазки делят на четыре группы.

1. Смазки, для получения которых в качестве загустителя применяют соли высших карбоновых кислот (мыла). Их называют мыльными смазками и в зависимости от катнона мыла подразделяют на литневые, натриевые, калиевые, кальцевые, бариевые, алюминиевые, цинковые и свинцовые смазки. В зависимости от аннона мыла большинство мыльных смазок одного и того же катнона подразделяют на обычные и комплексные. Чаще других применяют комплексные кальцевые, бариевые, алюминиевые, литневые и натриевые смазки. Смазки на комплексных мылах работоспособны в более широком интервале температур. Кальцевые смазки в свою очередь подразделяют на безводные, гидратированные (солндолы), стабилизатором структуры которых является вода, и комплексные, адсорбционный комплекс которых образуется высшими жирными кислотами и уксусной кислотой. В отдельную группу мыльных смазок

выделяют смазки на смешанных мылах, в которых в качестве загустителя используют смесь мыл (литневокальцевые, натриево-кальцевые и др.). Вначале указывают тот катнон мыла, доля которого в загустителе большая.

Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения жирового сырья называют условно синтетическими (аннон мыла — синтетические жирные кислоты) или жировыми (аннон мыла — природные жиры), например, синтетические или жировые солндолы.

2. Смазки, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества, называют смазками на неорганических загустителях. К ним относят силикагелевые, бентонитовые, графитные, асбестовые.

3. Смазки, для получения которых используют термостабильные высокодисперсные с хорошо развитой удельной поверхностью органические вещества, называют смазками на органических загустителях. К ним относят полимерные, пигментные, полимочевинные, сажевые.

4. Смазки, для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (церезин, парафин, озокерит, различные природные и синтетические воски), называют углеводородными смазками.

Влияние типа загустителя на свойства смазок представлено данными табл. 6.5. Нередко смазки в зависимости от типа их дисперсионной среды подразделяют на смазки на нефтяных и синтетических маслах.

По областям применения смазки в соответствии с ГОСТ 23258—78 подразделяют на: антифрикционные, снижающие трение и износ в механизмах; консервационные, защищающие металлические изделия от коррозии; уплотнительные, герметизирующие зазоры в оборудовании и механизмах; канатные, используемые для смазывания стальных канатов (табл. 6.6). В свою очередь антифрикционные смазки подразделяют на смазки общего назначения для обычных и повышенных температур, многоцелевые, высокотемпературные, низкотемпературные, морозостойкие, отраслевые (автомобильные, железнодорожные, промышленные), специальные, приборные и т. п. Уплотнительные смазки подразделяют на резьбовые, арматурные, вакуумные и т. д.

СВОЙСТВА СМАЗОК

Основные характеристики смазок, по которым судят об их эксплуатационных свойствах и руководствуются при выборе для конкретных узлов трения, установлены ГОСТ 4.23—71 «Система показателей качества продукции. Нефтепродукты. Смазки пла-

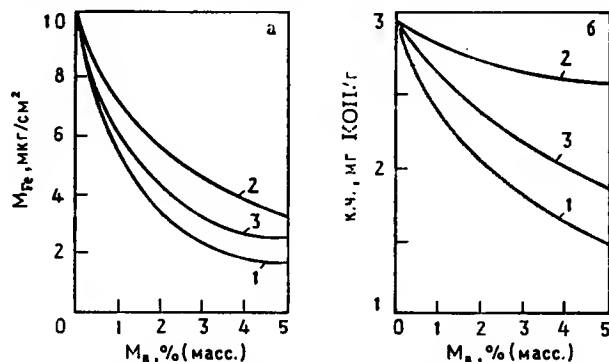


Рис. 71. Зависимость содержания железа M_{Fe} (а) и кислотного числа к. ч. (б) от содержания природных восков M_n в углеводородных смазках:

1 — буроугольный воск; 2 — торфяной воск; 3 — спермацет

Таблица 6.5. Тип загустителя и свойства смазок

Смазки	Температура каплепадения, °С	На нефтяных маслах			На полусинтетических		
		максимальная температура применения, °С	гидролитическая устойчивость	противозадирные и противозадирные свойства	максимальная температура применения, °С	гидролитическая устойчивость	противозадирные и противозадирные свойства
Мыльные смазки							
Натриевые	130—160	100—110	Плохая	Удовлетворительные	110—115	Плохая	Низкие
Литиевые	175—205	110—125	Хорошая	Высокие	120—130	Хорошая	Удовлетворительные
Комплексные литиевые	>250	150—160	—	Хорошие	160—170	—	—
Гидратированные кальциевые	70—85	60—70	Высокая	Хорошие	—	—	—
Безводные кальциевые	130—140	100—110	—	—	—	—	—
Комплексные кальциевые	>230	140—150	Удовлетворительная*	Высокие	160—170	Удовлетворительная*	Хорошие
Алюминиевые	95—120	65—70	Высокая	Хорошие	—	—	—
Комплексные алюминиевые	>250	150—160	Высокая	Высокие	160—170	Высокая	Хорошие
Неорганические смазки							
Силикагелевые	Отсутствие	130—170	Хорошая	Удовлетворительные	160—170	Хорошая	Плохие
Бентонитовые	—	120—150	—	—	130—150	—	—
Органические смазки							
Сажные	—	160—200	Высокая	Высокие	300—350**	Высокая	Хорошие
Полимерные (фторсодержащие углеводороды)	—	80—150	Удовлетворительная	—	140—160	Удовлетворительная	—
Пигментные	—	160—200	Хорошая	Хорошие	250—300**	Хорошая	Удовлетворительные
Полимолевнинные	—	150—200	—	—	200—230**	—	—
Углеводородные смазки							
—	50—70	50—65	Высокая	Хорошие	50—65	Высокая	—

* Подходят для воды и углеводородов.
** На полусинтетических смазках.

* Подгущают воду и уплотняются.

** На полиметилфенилсидлоксанах.

Таблица 6.6. Классификация пластичных смазок по ГОСТ 23258—78

Назначение	Подгруппа	Применение
<i>Антифрикционные</i>		
Снижение износа и трения сопряженных деталей	Общего назначения для обычных температур	Узлы трения с рабочей температурой до 70 °С
	Общего назначения для повышенных температур	Узлы трения с рабочей температурой до 110 °С
	Многоцелевые	Узлы трения с рабочей температурой от —30 до 130 °С в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах обеспечивают работоспособность до температуры —40 °С
	Термостойкие	Узлы трения с рабочей температурой ≥ 150 °С
	Низкотемпературные	Узлы трения с рабочей температурой ≤ —40 °С
	Противозадирные и противозадириные	Подшипники качения при контактных напряжениях 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках > 15 кПа; содержат противозадириные и противозадириные присадки или твердые добавки
	Химически стойкие	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами
	Приборные	Узлы трения приборов и точных механизмов
	Редукторные (трансмиссионные)	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
	Прирабочные пасты	Сопряжения поверхности с целью облегчения сборки, предотвращения задигов и ускорения приработки
Узкоспециализированные	Узкоспециализированные	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т. д.)
	Брикетиные	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазок в виде брикетов
<i>Консервационные</i>		
Предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации	—	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел для твердых покрытий

Назначение	Подгруппа	Применение
Уплотнительные		
Герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений, в том числе вакуумных систем	Арматурные Резьбовые Вакуумные	Запорная арматура и сальниковые устройства Резьбовые соединения Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
Канатные		
Предотвращение износа и коррозии стальных канатов	—	Стальные канаты и тросы, органические сердечники стальных канатов

стичные. Номенклатура показателей». Этот стандарт устанавливает обязательную номенклатуру показателей и признаков качества смазок, которые необходимо включить в НТД при ее разработке. Реологические характеристики (прочностные и вязкостные), водостойкость, испаряемость, окисляемость, антикоррозионные, противоишносные и другие свойства определяют работоспособность смазок. Для определения стабильности смазок оценивают их коллоидную, механическую, химическую и термическую стабильность.

В процессе изготовления смазок контролируют показатели, определяющие воспроизводимость их свойств — пенетрацию и температуру каплепадения. По содержанию в смазках воды, свободных щелочей, кислот и механических примесей определяют их пригодность к применению. Для смазок выделяют показатели качества, обязательные для всех видов и обязательные для отдельных видов. К первым относят внешний вид, содержание воды и механических примесей, испытание на коррозию; ко вторым — температуру каплепадения, предел прочности, вязкость, коллоидную стабильность, механическую и химическую стабильность, термоупрочнение, испаряемость, содержание органических водорастворимых кислот и свободной щелочи, показатель защитных (от коррозии), противоишносных и противозадирных свойств, адгезию (липкость) и растворимость в воде.

Смазки занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми смазочными материалами. Они представляют собой структурированные коллоидные системы, и их свойства зависят прежде всего от особенностей трехмерного структурного каркаса, образующегося из дисперсной фазы, который в сво-

их ячейках удерживает относительно большое количество (80—90%) дисперсионной среды. Устойчивость структурированной системы зависит от прочности структурного каркаса, сил взаимодействия между его отдельными частями и между элементами структурного каркаса и дисперсионной средой на границе раздела фаз, числа контактов частиц каркаса в единице объема, электростатических свойств, критической концентрации ассоциации различных мыл и другие коллоидно-химические факторы.

На устойчивость структурированной системы влияют физико-химические свойства материала, из которого построен каркас, химическая природа окружающей его среды и наличие поверхностно-активных веществ, обуславливающих размеры и форму элементов структурного каркаса, а также энергию связей в этой системе.

Результаты исследований под электронным микроскопом показали, что волокна каждого мыльного загустителя, отличающегося катионом или анионом, имеют присущую только им форму и величину (рис. 72). Концентрация дисперсной фазы, присутствие ПАВ и технология приготовления смазок отражаются на их структуре. В то же время существует взаимосвязь между дисперсностью, анизометричностью кристаллов мыл (отношением их длины к поперечному размеру) и реологическими характеристиками смазок независимо от природы загустителя и других факторов. При повышении дисперсности элементов структурного каркаса, увеличении отношения длины к диаметру или ширине загущающий эффект дисперсной фазы повышается. Дисперсность и анизометричность кристаллов мыл связана с характером структурообразования, который, в свою очередь, зависит от строения молекулы мыла. При повышении дисперсности кристаллов мыла число контактов между элементами структурного каркаса, а также поверхность соприкосновения с дисперсионной средой возрастает. Создаются благоприятные условия для развития различного рода энергетических связей в системе и образования прочных коллоидных структур. Поэтому предел прочности, вязкость, коллоидная стабильность смазок определяются дисперсностью, анизометричностью волокон, образующих их структурный каркас, энергией связи между его элементами и взаимодействием дисперсной фазы смазки с ее дисперсионной средой.

Смазки выделяют в особый класс реологических тел, для которых характерно сочетание хрупкости, обусловленной разрывом жестких связей в каркасе, и пластичности — способности давать неограниченно большие деформации без потери сплошности (течь подобно жидкости) за пределами критической нагрузки. Значение этой нагрузки зависит главным образом от прочности структурного каркаса, а вязкость дисперсионной среды, как правило, играет относительно небольшую роль.

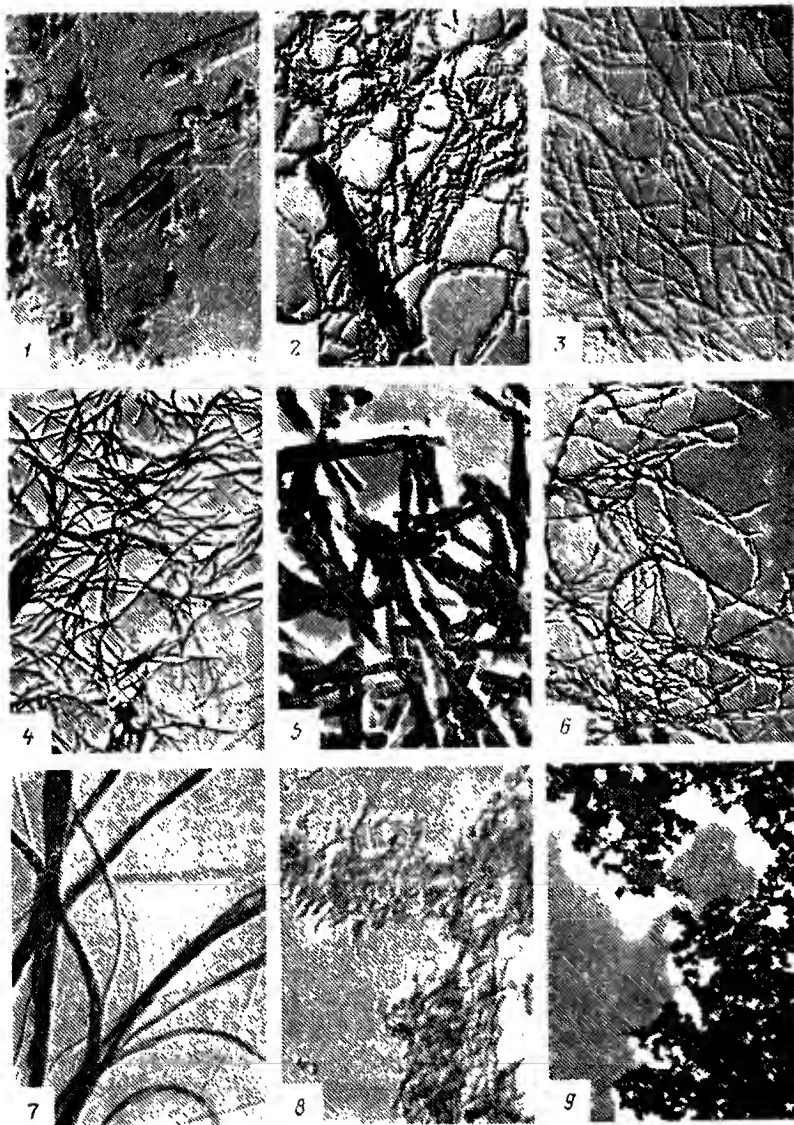
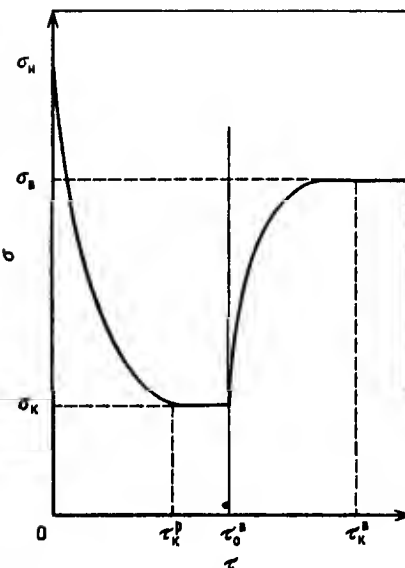


Рис. 72. Элементы структурного каркаса смазок на различных загустителях (15000х):

1 — гидратированная Са-смазка на СЖК (Соллидол С); 2 — то же, на природных жирах — хлопковое масла и саломас (Соллидол-Ж); 3 — комплексная Са-смазка на СЖК $\text{Ca}-\text{Ca}$ и уксусной кислоте (Униол-1); 4 — безводная Са-смазка на 12-гидроксистеариновой кислоте (КСБ); 5 — Li-смазка на стеариновой кислоте (ЦИАТИМ-201); 6 — Li-смазка на 12-гидроксистеариновой кислоте (Литол-24); 7 — комплексная бариевая смазка (ШРБ-4); 8 — обычная Al-смазка (АМС-3); 9 — силикагелевая смазка (Сниол)

Рис. 73. Обобщенная кривая кинетики тиксотропного разрушения и восстановления пластичных смазок:

σ_n , σ_k , σ_b — напряжение сдвига до механического воздействия, по достижении равновесного значения и после восстановления соответственно; τ_k , τ_o , τ_n — отрезки времени, соответствующие концу разрушения, началу восстановления и концу восстановления



Важная особенность смазок — быстрое восстановление разрушенных связей между частицами дисперсной фазы и приобретение ими свойств твердого тела после снятия нагрузки (тиксотропные свойства смазок). Она проявляется в уменьшении предела прочности и вязкого сопротивления при механическом воздействии на смазку и в последующем

полном или частичном восстановлении этих свойств после снятия нагрузок. Характер такого восстановления зависит от структуры смазок. Структура смазок может быть двух видов: конденсационная, образующаяся после охлаждения расплава и не восстанавливаемая после снятия механического воздействия, и обратимая (тиксотропная), которая после снятия механического воздействия в большей или меньшей степени восстанавливается. Тиксотропное восстановление структуры очень важно для оценки свойств смазок, особенно предназначенных для открытых узлов трения.

Непосредственно после приготовления смазок в них преобладает конденсационная структура с большим числом особо прочных связей. При механическом воздействии часть связей необратимо разрушается, поэтому после прекращения механического воздействия и продолжительного отдыха смазки полностью не восстанавливают свою структуру (рис. 73), т.е. смазки являются тиксолабильными системами. Однако из-за наличия в смазках большого числа менее прочных, но более подвижных связей, способных к очень быстрому (практически мгновенному) восстановлению, сплошность слоя смазки при течении не нарушается, поскольку места разрывов связей успевают «залечиваться».

Исследованиями структуры смазок в поляризованном свете установлена стабильность во времени застывших картин смазок, что характеризует их как слабо релаксирующие тела с резко выраженной способностью тиксотропного восстановления. Для предельно разрушенных систем тиксотропное восстановление

связей является результатом сближения дисперсных частиц загустителя на расстояние, на котором действуют межмолекулярные силы при тепловом движении частиц. Учитывая сказанное выше, к смазкам применимы основные положения, присущие течению вязких жидкостей. Такой подход позволяет оценить структурные превращения в смазках в процессе их деформирования.

При обычных температурах и небольших нагрузках смазки сохраняют приданную им форму (не вытекают из мелкой опрокинутой тары), не выбрасываются центробежными силами из открытых и слабо герметизированных узлов трения, не сползают с наклонных и вертикальных поверхностей при нанесении их слоем умеренной толщины. При критической нагрузке, превышающей предел текучести (прочность структурного каркаса обычно равна 50—2000 Па), смазки деформируются и начинают течь как обычные вязкие жидкости. После снятия нагрузки течение смазок прекращается и они приобретают свойства твердого тела.

Смазки отличаются от масел наличием аномального внутреннего трения, их вязкость не описывается законом Ньютона и является функцией не только температуры, но и скорости деформации. Вязкость смазок резко уменьшается при повышении градиента скорости деформации, что также отличает их от масел.

Основные преимущества смазок по сравнению с маслами следующие: способность удерживаться в негерметизированных узлах трения; большая эффективность в работе при одновременном воздействии высоких температур, давлений, ударных нагрузок и переменных режимов скоростей; более высокие защитные свойства от коррозии; повышенная водостойкость; способность обеспечивать лучшую герметизацию узлов трения и предохранять их от загрязнения; значительно меньшая зависимость вязкости от температуры, что позволяет применять их в более широком интервале температур; лучшая смазочная способность; большой ресурс работоспособности и меньший расход. К недостаткам смазок следует отнести более низкую охлаждающую способность, большую склонность к окислению и сложность при использовании в централизованных системах.

Смазки применяют для надежного длительного смазывания узлов трения в случаях, когда применение масел невозможно из-за отсутствия герметичности, при невозможности пополнения узла трения, а также для уплотнения подвижных и неподвижных соединений и защиты узлов трения от коррозии.

В процессе работы смазка подвергается воздействию повышенных температур, скоростей и нагрузок, а также воздействию различных факторов окружающей среды (кислород воздуха, вода, пары коррозионно-активных соединений, радиация

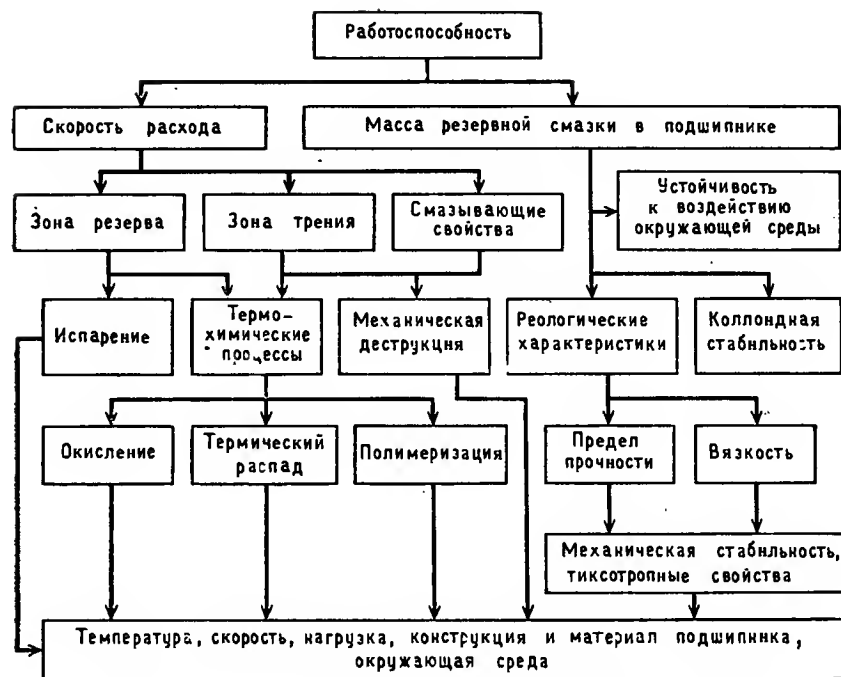


Рис. 74. Факторы, определяющие работоспособность смазки в подшипнике качения

и др.). Это сопровождается термическим разложением, термоокислительными процессами и полимеризацией, которые интенсифицируются деформацией сдвига и каталитическим действием ювенильных поверхностей трения. Все это в совокупности приводит к «старению» смазок и соответственно к ухудшению их эксплуатационных свойств. Расход смазок в процессе работы обусловлен также испарением масляной основы смазок, механической деструкцией загустителя, выделением масла из смазки и вытеканием его из узла трения.

Факторы, определяющие работоспособность смазки в подшипнике качения, приведены на рис. 74.

АССОРТИМЕНТ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗОК

Ассортимент отечественных смазок включает более 200 наименований. Смазки выпускаются предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а также предприятиями химической промышленности, приборостроения, министерства путей сообщения и др. Стандарты на смазки, их ассортимент, основные характеристики и области применения приведены в табл. 6.7 и 6.8.

Таблица 6.7. Ассортимент, назначение, области применения и характеристика смазок

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Антифрикционные смазки				
Смазки общего назначения для обычных температур				
Солидол С, Пресс-солидол С (ГОСТ 4366—76)	Относительно грубые узлы трения механизмов и машин, транспортных средств, сельскохозяйственной и другой индустрии, шарниры, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые редукторы и др.	Хорошие водостойкость, коллоидная стабильность, защитные свойства, узкий предел рабочих температур и низкая механическая стабильность. Работоспособны от —30 до 65 °С, в мощных механизмах (подшипники, шарниры, блоки и т. п.) — от —50 °С	Загущение смесей масел кисточно-шелочной (70%) и селективной очистки (30%) калциевыми мылами кубовых остатков СЖК (С ₂₀ и выше) и низкомолекулярных СЖК С ₅ —С ₆	Солидол Ж, Литол-24
Солидол Ж, Пресс-солидол Ж (ГОСТ 1033—79)	Грубые узлы трения в машинах и механизмах транспортных средств, сельскохозяйственной и другой индустрии, ручной и др. инструменты, шарниры, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые редукторы и др.	По основным характеристикам близки к синтетическим солидолам. Обладают лучшими вязкостно-температурными свойствами, меньше уплотняются при хранении, а также тиксотропно не уплотняются при отдыхе после разрушения. Работоспособны от —30 до 65 °С, в мощных механизмах (подшипники, шарниры и т. п.) — от —50 °С	Загущение смеси нефтяных масел средней вязкости гидратированным калциевым мылом жирных кислот, входящих в состав природных (растительных и животных) жиров	Литол-24, Униол-1
Графитная (ГОСТ 3333—80)	Узлы трения скольжения тяжелоагрессивных тихоходных механизмов: рессоры, подвески тракторов и машин, открытые зубчатые передачи.	Работоспособна от —20 до 70 °С; допускается к применению ниже —20 °С в рессорах и аналогичных устройствах	Близка к технологии получения синтетических солидов, но приготавливается более вязком нефтяном масле и содержит 10% графита	Солидол С с 10% графита
Смазки общего назначения для повышенных температур				
И-13 (ОСТ 38 01145—80)	Разнообразные подшипники качения, режущие инструменты, подшипники электродвигателей, ступицы колес автомобилей и т. п.	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней; работоспособна от —20 до 110 °С	Загущение смеси нефтяных масел низкой и средней вязкости натриевым мылом жирных кислот, входящих в состав касторового масла; содержит немного калциевого мыла тех же жирных кислот	Литол-24
Консталин (ГОСТ 1957—73)	Узлы трения вентиляторов, литейных машин, доменных и цементных печей, подшипников качения на железнодорожном транспорте и др.	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней; работоспособна от —20 до 110 °С	Загущение цилиндрового масла натриевыми мылами касторового масла; калциевого мыла отсутствует	Литол-24, Литол-459/5
Смазки многоцелевые				
Литол-24 (ГОСТ 21150—75)	Все типы подшипников качения и скольжения, шарниры, зубчатые и конические передачи, трущиеся поверхности колесных и гусеничных транспортных средств, индустриальных механизмов, электромашин	Высокие коллоидная, химическая и механическая стабильность, водостойка даже в кипящей воде, при нагревании не упрочняется. Работоспособна от —40 до 120 °С, в течение продолжительного времени сохраняет работоспособность при 130 °С	Загущение нефтяного масла вязкостью 60—75 мм ² /с при 50 °С литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антиокислительную и вязкостную присадки	Литол-24РК, Алюмол
Литол-24РК (ТУ 38 УССР 201342—80)	Основные узлы трения колесных и гусеничных транспортных машин, индустриальных механизмов, электромашин	Водостойкая, антикоррозионная, рабоче-консервационная, обеспечивает консервацию узлов трения в течение 10 лет; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение смесей нефтяных масел литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антикоррозионную, защитную вязкостную и антиокислительную присадки	Литол-24, Знмол

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Фтол-1 (ТУ 38 УССР 201247—80)	Узлы трения, смазываемые через пресс-масленки или централизованные системы подачи смазки, гибкие валы или тросы управления в оболочках; малоомощные редукторы, легконагруженные малогабаритные подшипники качения	Водостойкая; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение смесью нефтяных масел литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит вязкостную присадку	Фтол-2
Фтол-2 (ТУ 38 УССР 201188—79)	Подшипники качения и скольжения, зубчатые передачи, индустриальных машин и механизмов, передачи станков, транспортеров и других аналогичных устройств, работающих при малых и средних нагрузках	То же	То же	Литол-24
Фтол-2М (ТУ 38 101233—75)	Легконагруженные малогабаритные подшипники качения и скольжения автомобильного электрооборудования, высокооборотные подшипники электродвигателей; оси окантователя распределителя автомобилей ВАЗ	Водостойкая, улучшенные противозносовые и противозадирные свойства (по сравнению с Фтол-2); работоспособна от —40 до 120 °С	По составу и технологии близка к смазке Фтол-2, дополнительно содержит дисульфид молибдена, улучшающий противозносовые и противозадирные свойства	ВНИИНП-242, Фтол-2У
БНЗ-3 (ГОСТ 51343—72)	Закрытые роликовые опоры конвейеров, механизмы экскаваторов, буровых станков, бульдозеров горнорудной промышленности	По противозносовым характеристикам несколько уступает смазке Фтол-2М; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение нефтяного масла средней вязкости литиевым мылом	Литол-24
Алюмол (ТУ 38 40140—76)	Подшипники и другие узлы трения машин и механизмов	Водостойкая, хорошие антизносные свойства; работоспособна от —40 до 150 °С	Загущение нефтяного масла комплексным алюминиевым мылом; содержит антиокислительную, антикоррозионную и противозносовую присадки	Литол-24, Унлол-1
Смазки термостойкие				
ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433—80)	Подшипники качения электромаши, систем управления и приборов с частотой вращения до 10 000 мин ⁻¹ , агрегатные подшипники летательных аппаратов, узлы трения и сопряженные поверхности «металл—резина» и работающие в вакууме	Нерастворима в воде и, несмотря на гигроскопичность, сохраняет стабильность даже при кипячении. При поглощении влаги уплотняется, что ухудшает низкотемпературные свойства; имеет низкие противозносные характеристики, химически стойкая и инертная по отношению к резине и полимерным материалам. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па в интервале температур от —60 до 150 °С	Загущение кремнийорганической жидкости комплексным мылом стеарата и ацетата кальция; содержит антиокислительную присадку	ВНИИНП-207 (до —40 °С), ЦИАТИМ-221с (до 150 °С)
ЦИАТИМ-221с (ОСТ 38 01180—80)	Подшипники качения авиационных электромашин с частотой вращения 6000—8000 мин ⁻¹	Водостойкая, гигроскопичная, низкотемпературная; работоспособна от —50 до 180 °С	По составу и технологии близка к смазке ЦИАТИМ-221; в качестве дисперсионной среды используют сополимер ³	ВНИИНП-207 (до —40 °С), ЦИАТИМ-221

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Униол-1 (ТУ 38 УССР 201150—78)	Узлы трения индустримального оборудования, турбинных печей, горючих конвейеров, горюдобывающего оборудования, автоотракторной сельскохозяственной техники, городского электротранспорта, керамического производства	Гигроскопична, склонна к влагоупрощению, хорошие коллондная, механическая, химическая и термическая стабильность, противозадирные и противозносовые характеристики; работоспособна от —40 до 160 °С	Загушение нефтяных остаточных масел комплексными калыциевым мылом термообработанных синтетических жирных и уксусной кислот; содержит антиокислительную и противозносовую присадки	Униол-2, Алюмол
ВНИИП-207 (ГОСТ 19774—74)	Подшипники качения электромашин и стартергенераторов с частотой вращения до 10 000 мин ⁻¹	Водостойкая, гигроскопичная, повышенная термоокислительная стабильность; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 200 °С	Загушение смеси кремнийорганической жидкости и синтетического углеводородного масла комплексным мылом стартера и анстата калыция; содержит антиокислительную присадку	ЦИАТИМ-221 (до 150 °С)
ВНИИП-210 (ТУ 38 101275—72)	Тяжелонагруженные тихоходные подшипники качения и скольжения с качательным движением трущихся поверхностей при малых углах качения	По свойствам занимает промежуточное положение между пластичными смазками и пастами; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загушение кремнийорганической жидкости индантронном, графитом, дисульфидом молибдена; содержит антиокислительную присадку	ВНИИП-231, ВНИИП-246
ВНИИП-214 (ТУ 38 101505—74)	Реверсивные подшипники качения	Работоспособна в вакууме и при температуре от —60 до 180 °С	Загушение кремнийорганической жидкости комплексным мылом стартера и анстата калыция; содержит дисульфид молибдена и антиокислительную присадку	ВНИИП-207, ЦИАТИМ-221
ВНИИП-219 (ТУ 38 101471—74)	Подшипники качения электродвигателей и стартер-генераторов с повышенными нагрузками и частотой вращения до 9 000 мин ⁻¹ , шариковинтовые передачи летательных аппаратов	Работоспособна от —50 до 200 °С	По составу и технологии близка к смазке ВНИИП-207, но в отличие от нее содержит дисульфид молибдена	ВНИИП-207, ЦИАТИМ-221
ВНИИП-231 (ОСТ 38 01113—76)	Закрываемые червячно-винтовые механизмы, тихоходные подшипники качения и скольжения, резьбовые передачи	По свойствам занимает промежуточное положение между смазками и полутекучими пастами. Морозостойкая, работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загушение кремнийорганической жидкости техническим углеродом ДГ-100	ВНИИП-246
ВНИИП-233 (ТУ 38 101687—77)	Подшипники качения скольжения с качательным движением, сопряженные поверхности «металл — резина»	Высокие термическая, механическая, коллондная стабильность и противозносовые характеристики, устойчива к действию кислот; работоспособна от —30 до 250 °С	Загушение перфторполиэфира полимером	—
ВНИИП-235 (ТУ 38 101297—78)	Подшипники качения	Вязкость смазки незначительно зависит от скорости деформации; высокая термическая и низкая коллондная стабильность, хорошие противозадирные свойства. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загушение кремнийорганической жидкости органическим загустителем	ВНИИП-231, ВНИИП-246

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ВНИИП-246 (ГОСТ 18852—73)	Подшипники качения и маломощные шестеренчатые передачи	Высокая термическая стабильность, низкая испаряемость, хорошие противозадирные характеристики и морозостойкость; работоспособна в вакууме до $1,3 \times 10^{-4}$ Па и при температуре от -60 до 250°C	Загущение кремнийорганической жидкости пигментом	ВНИИП-210, ВНИИП-231, ВНИИП-235
ВНИИП-247 (ТУ 38 401352—81)	Подшипниковые узлы маломощных и микроэлектромашин с частотой вращения до 20 000 мин ⁻¹ , зубчатые передачи электродвигателей	Низкие гигроскопичность и термоупругие; работоспособна от -40 до 180°C	По составу и технологии близка к смазке ВНИИП-207	ВНИИП-207
Графитол (ТУ 38 УССР 201172—77)	Высокотемпературные узлы трения, преимущественно скольжения; горячие вентиляторы, пелла и замки дверей сушильных камер и других видустраляных механизмов	Высокая термическая стабильность, низкая испаряемость, хорошие противозадирные свойства, удовлетворительная водостойкость; работоспособна от -20 до 160°C	Загущение нефтяного остаточного масла аэросилом; содержит графит	Аэрол
Аэрол (ТУ 38 УССР 201171—79)	Подшипники тяговых цепей транспортеров в сушильных камерах, узлов трения раздаточных пелл чугунного литья и других механизмов, работающих при повышенных температурах и на грузах	Повышенные противозадирные и противозносовые характеристики, высокие термическая стабильность и водостойкость, низкая испаряемость; работоспособна от -15 до 160°C	По составу и технологии близка к смазке графитол, но вместо графита содержит дисульфид молибдена и декстраны	Графитол
Силикол (ТУ 38 УССР 201149—73)	Малонагруженные подшипники качения горячих вентиляторов печей цементации и других видустраляных механизмов	Низкая испаряемость и удовлетворительная водостойкость; по противозадирным свойствам значительно уступает графитолу и аэролу, однако превосходит их по морозостойкости; устойчива в агрессивных средах. Работоспособна от -50 до 160°C	Загущение полнэтилсилоксановой жидкости аэросилом; содержит осерненное касторовое масло	Лямол
Полимоил (ТУ 38 401112—83)	Закрытые подшипники качения тяжелонагруженных узлов трения	Беззольная, высокие термическая, механическая, коллоидная стабильность и хорошая водостойкость; работоспособна от -50 до 180°C	Загущение синтетического углеводородного или нефтяного масла полимочевниной; содержит антиокислительную и противозносную присадки	Алюмоил, ЛЗ-31, ЛДС-3 (до 130°C)
БНЗ-4 (ТУ 38 УССР 201197—80)	Узлы трения, сопрягающиеся с парами воды и агрессивных веществ, сушильно-отделочные машины на тракторных фабриках, вертикальные и наклонные узлы трения видустраляных машин, сушильных барабанов, ткацких машин, каппеландров, подшипники транспортеров сушильных камер на машиностроительных заводах	Устойчива в присутствии паров воды и агрессивных сред, высокие термическая и механическая стабильность, хорошие консервационные свойства; работоспособна от -40 до 160°C	Загущение нефтяного масла силикатом; содержит антиокислительную и другие присадки	БНЗ-5
БНЗ-5 (ТУ 38 УССР 201197—80)	Малонагруженные подшипники качения индустриальных механизмов с системами централизованной подачи смазки, цепные приводы и передачи	По основным свойствам можно отнести к полужидким смазкам; работоспособна от -50 до 160°C	По составу и технологии близка к смазке БНЗ-4, однако содержит в 3 раза меньше загустителя	БНЗ-4, Зимол (до 130°C)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ПФМС-4С (ТУ 6.02.917—79)	Авиационные узлы трения, тихоходные подшипники качения, винтовые шариковые передачи, резьбы	По реологическим свойствам занимает промежуточное положение между смазками и пастами; повышает противозадирные свойства, высокая термическая стабильность и низкая испаряемость; работоспособна от —30 до 300, кратковременно до 400 °С	Загущение полифенилметилсилоксановой жидкостью тонкодисперсным графитом	—
Смазки низкотемпературные				
ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267—74)	Узлы трения, работающие с малым усилием сдвига при невысоких нагрузках, авиационная техника, радиотехническое оборудование, электрические и другие механические и точные машины, работающие на Крайнем Севере	Удовлетворительная механическая стабильность, низкая коллоидная стабильность; морозо- и водостойкая; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 90 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратом лития, содержит антиокислительную присадку	Эра, Зимол, Лита
ЦИАТИМ-203 (ГОСТ 8773—73)	Зубчатые передачи, в том числе червячных редукторов, опоры скольжения и подшипники качения; авиационные механизмы, различные силовые приводы, винтовые пары, нагруженные редукторы, ответственные механизмы, эксплуатируемые на открытых площадках, узлы трения автомобилей, работающие в арктических условиях	Превосходит ЦИАТИМ-201 по химической и коллоидной стабильности, водостойкости и противозадирным характеристикам; работоспособна от —50 до 100 °С	Загущение нефтяного трансформаторного масла литиевым мылом технического саломаса и осерниного асфальта, содержит вязкостную и противозадирную присадки	То же
Сварядная ВС (ГОСТ 3260—75)	Малоагрессивные узлы трения, в том числе механизмы артиллерийских орудий, консервация точных механизмов и приборов	Водостойкая, невысокие защитные характеристики и коллоидная стабильность; работоспособна от —50 до 50 °С	Загущение маловязкого индустриального масла гидратированным кальциевым мылом саломаса и касторового масла	ГОИ-54п, ВНИИП-263
ГОИ-54п (ГОСТ 3276—74)	Узлы трения машин и механизмов, эксплуатируемых под открытым небом, механизмы переносного инструмента с электрическим или механическим приводом и др.	Высокие защитные свойства; по коллоидной и химической стабильности, водостойкости превосходит другие низкотемпературные смазки. Не изменяет свойств при хранении в течение 10 лет, защищает металлические изделия от коррозии до 5 лет; работоспособна от —40 до 50 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла церезином; содержит антиокислительную присадку	Лита, МЗ
Лита (ОСТ 38 01295—83)	Узлы трения любых типов транспортных средств и инженерной техники, эксплуатируемых в районах с особыми климатом	Высокая водостойкость, хорошие консервационные свойства, низкая механическая стабильность; работоспособна от —50 до 100 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратом лития и церезина	Зимол
Зимол (ТУ 38 УССР 201285—82)	Узлы трения любых типов транспортных средств и инженерной техники, эксплуатируемых в районах с особыми климатом	Высокие механическая и химическая стабильность, водостойкость, хорошие противозадирные и защитные свойства; всесезонная. Работоспособна от —50 до 130, кратковременно до 150 °С	Загущение средневязкого высокоиндексного нефтяного масла гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, антикоррозионную присадку и антифрикционную добавку	Лита (до 100 °С), ЦИАТИМ-201 (до 90 °С)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменимость
Смазки химически стойкие				
ЦИАТИМ-205 (ГОСТ 8551—74)	Резьбовые и контактные соединения и уплотнения, работающие в агрессивных средах	Устойчива к действию концентрированных неорганических кислот, щелочей, аминов, спиртов, гидразinov и др. Высокие водостойкость и защитные свойства; работоспособна от —60 до 50 °С	Загущение смесью высокоочищенных нефтяных масел обсым церезином	ВНИИНП-279
ВНИИНП-279 (ГОСТ 14296—78)	Подшипники качения и скользящие, резьбовые соединения, разъемы, клапаны и др., работающие в атмосфере воздуха и в агрессивных средах	Хорошие противозносовые характеристики, высокие механическая, термическая, коллоидная стабильность и низкие защитные свойства; устойчива при работе в агрессивных средах. Уплотнительная; работоспособна на воздухе от —50 до 150, в агрессивных средах от —50 до 50 °С	Загущение синтетического углеводородного масла синкагслем	ВНИИНП-282
ВНИИНП-280 (ТУ 38 101818—80)	Подшипники качения, резьбовые и штифтовые соединения, шпindelи, подвижные резновые уплотнения, работающие в агрессивных средах, в том числе в газобразном кислороде	Хорошая морозостойкость, устойчива при работе в агрессивных средах. Уплотнительная; работоспособна от —60 до 150 °С	Загущение перфторполиэфира неорганическими загустителями	ВНИИНП-282 (от —45 °С)
ВНИИНП-282 (ГОСТ 24926—81)	Дыхательная аппаратура, резьбовые соединения и узлы трения, работающие в газобразном кислороде	Инертна к сильным окислителям, совместима с полимерами и резинами, водостойка	То же	№ 8

ВНИИНП-283 (ОСТ 38 01196—80)	Узлы трения, работающие в контакте с газобразным кислородом при давлении до 25 МПа, в резьбовых соединениях при давлении кислорода до 100 МПа	Устойчива к агрессивным средам, в том числе с газобразным кислородом; превосходит большинство химических стойких смазок. Уплотнительная; работоспособна от —45 до 150 °С	Загущение перфторполиэфира неорганическими загустителями; содержит оксид металла	ВНИИНП-282 (до 150 °С)
ВНИИНП-294 (ТУ 38 101273—72)	Сопряженные поверхности «металл — металл» и «металл — резина» в средах спиртов, глицерина, уксусной кислоты, аминов и гидразинов	Инертна к резинам, устойчива к действию спиртов, уксусной кислоты, аминов, гидразинов. Работоспособна на воздухе от —60 до 150, в агрессивных средах от —60 до 50 °С	Загущение кремнийорганической жидкости неорганическим загустителем	—
ВНИИНП-295 (ТУ 38 101751—78)	Сопряженные поверхности «металл — резина» в среде глицерина, уксусной кислоты, аминов, гидразинов при давлении до 40 МПа	Хорошая морозостойкость, устойчива при работе в агрессивных средах; работоспособна в вакууме до 1,3·10 ⁻⁴ Па и при температуре от —60 до 150 °С	По составу и технологии близка к смазке ВНИИНП-294	—
ВНИИНП-298 (ТУ 38 101287—72)	Стекланные и металлические подвижные соединения, работающие в вакуумных установках, термомеханическая обработка металлов в агрессивных средах	Высокие адгезия и термостойкость, низкая испаряемость, хорошие влостойкость, морозостойкость; работоспособна в вакууме до 1,3·10 ⁻⁵ Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загущение кремнийорганической жидкости синкагслем	—

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Кригель (ТУ 38 101924—82)	Узлы трения арматуры, работающей в контакте с кислородом и другими газами, находящимися в жидком состоянии, а также работающих в паровых средах	Хорошие противозадирные свойства, инертна к кислороду и другим агрессивным средам, негорюча. Работоспособна в резбовых и других неподвижных соединениях от —200 до 200, а в узлах трения скольжения от —60 до 200 °С	Загущение перфторполиэфиров неорганическим загустителем	ВНИИ НП-283 (от —45 °С)
№ 8 (ОСТ 95 510—77)	Резбовые соединения, подвижные салыниковые устройства, различные узлы трения, работающие при низкой температуре в контакте с неорганическими кислотами, кислородная аппаратура при давлении до 10 МПа	Плотность в 2 раза выше, чем у обычных смазок, высокая стойкость к действию дымящей азотной, серной, соляной, хлорной кислот, пероксида водорода, хлора, галогеноводородов, жидкой и газообразной плазменной кислоты; но отношению к аммиаку и аминам малоустойчива, не ядовита, биологически инертная и водостойкая. Работоспособна от —40 до 50 °С	Загущение галогеноводородов полимера	ВНИИ НП-282
Фторуглеродная 3Ф (ОСТ 6.02.205—78)	Резбовые соединения и резиновые уплотнения, салыниковые набивки насосов и арматуры трубопроводов, предназначенных для перекачки концентрированных кислот и работающих в контакте с галогенами, галогеноводородами, оксидами азота, концентрированным пероксидом водорода	Плотность в 2 раза выше, чем у обычных смазок, высокая стойкость к действию дымящей серной, азотной, хлор- и фторсульфоновых кислот, галогенов, галогеноводородов, оксидов азота, пероксида водорода; инертна	Загущение фторхлоруглеродного масла полимером	Фторуглеродная 3Ф
Фторуглеродная 3Ф (ТУ 6.02.796—78)	Механизмы, работающие в контакте с концентрированными азотной, серной и соляной кислотами, хлором, бромом, пероксидом водорода, газообразным кислородом при давлении до 22 МПа	Стойкость к действию агрессивных сред такая же, как у смазок 10 ОКФ и № 8; работоспособна от 0 до 80 °С	Загущение фторхлоруглеродного масла полимером, но в отличие от 10 ОКФ содержит в 2 раза меньше загустителя	Фторуглеродная 10 ОКФ
Фторуглеродная КСТ (ОСТ 95.419—76)	Узлы трения, соприкасающиеся с концентрированными кислотами	По свойствам и стойкости к агрессивным средам аналогична смазкам 10 ОКФ и 3Ф; работоспособна от 0 до 50 °С	Загущение фторуглеродного масла полимером	Фторуглеродная 3Ф
ОКБ-122-7 (ГОСТ 18179—72)	Подшипники авиационных электромаши и кондистационно-расточных станков, прецизионные подшипники, точные механизмы, электромашины	Хорошие консервационные, противозадирные свойства, водостойкость, удовлетворительные коллоидная и химическая стабильность. Многоцелевая, консервационная, противозадирная, работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и нефтяного масла стеаратом лития и церезином	ЦИАТИМ-202, ОКБ-122-7-5
ОКБ-122-7-5 (ТУ 38 101588—80)	Узлы трения точных механизмов	По свойствам близка к смазке ОКБ-122-7; работоспособна от —40 до 80 °С	По составу и технологии близка к смазке ОКБ-122-7, однако цезезина содержит в 3 раза меньше	ОКБ-122-7

Смазки пририбы

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ЦИАТИМ-202 (ГОСТ 11110—75)	Скоростные подшипники, небольшие зубчатые передачи и другие узлы трения приборов и точных механизмов	Хорошие коллоидная стабильность, консервационные свойства, водостойкость и низкая испаряемость; работоспособна от —40 до 110 °С	Загушение смеси нефтяных масел визкой и средней вязкости литьевым мылом стеариновой кислоты и касторового масла; содержит антнокислительную присадку	ОКБ-122-7
АЦ-1, АЦ-3 (ТУ 38 101383—73)	Резьбовые соединения наводящих винтов, шестеренчатых и червячных передач бинюклей и теодолитов других точных механизмов и приборов; АЦ-1 — сопряжения, имеющие зазоры более 50 мкм, АЦ-3 — менее 20 мкм	Водостойки, высокие коллоидная и химическая стабильность, хорошие противозадирные свойства; работоспособны от —60 до 63 °С	Загушение смесн нефтяного масла и диоктилсебацната алюминиевым мылом СЖК и церезином	СОТ (от —10 °С)
Дельта-I, Дельта-III (ТУ 38 101833—80)	Окулярны с многозаходной резбю; Дельта-I — узлы с зазором в резбю >20 мкм, Дельта-III — <20 мкм	Противозносные и противозадирные свойства удовлетворительны; работоспособны от —60 до 60 °С	Загушение смесн низкотемпературных нефтяных масел окстеаратом литья, стеаратом алюминия и церезином; содержит вязкостную и антнокислительную присадки. Дельта-III отличается от Дельта-I меньшим содержанием	—
СОТ (ТУ 38 101382—73)	Резьбовые соединения оптических приборов кино- и фотоаппаратов в тропическом исполнении при зазорах в резбю бах >50 мкм	Высокая адгезия; работоспособна от —10 до 85 °С	Загушение нефтяного масла средней вязкости церезином и силкателем; содержит вязкостную присадку, анти-септик и противозносную добавку	—

ВНИИНП-223 (ГОСТ 12030—80)	Специальные скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60 000 мин ⁻¹ , подшипники скольжения и мало-мощные зубчатые передачи	Высокая степень очистки; работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от —45 до 150 °С	Загушение диоктилсебацната комплексным натриевым мылом; содержит антнокислительную и противозносную присадки	ВНИИНП-228
ВНИИНП-228 (ГОСТ 12330—77)	Специальные скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60 000 мин ⁻¹ , чувствительные опоры точных механизмов и узлов трения счетно-решающих машин	Лучшие смазывающие свойства и большая работоспособность при верхней температуре применения, чем у ВНИИНП-223; работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от —45 до 150 °С	Загушение смесн нефтяного масла и диоктилсебацната комплексным натриевым мылом; содержит антнокислительную и противозносную присадки	ВНИИНП-223
ВНИИНП-257 (ГОСТ 16105—70)	Подшипники и мало-мощные зубчатые передачи, резьбовые соединения оптических приборов	Морозо- и кислородостойкая. Низкая водостойкость; работоспособна в вакууме до 1 мкПа и ниже и при температуре от —60 до 150 °С	Загушение смеси кремнийорганической жидкости и диоктилсебацната комплексным натриевым мылом; содержит антнокислительную присадку и дисульфид молибдена	—
ВНИИНП-258 (ТУ 38 101349—79)	Подшипники качения электромашины, шаринры в пары скольжения различных устройств однократного действия	Морозостойкая; работоспособна в вакууме до 1 мПа и при температуре от —50 до 115 °С	Загушение кремнийорганической жидкости силкателем	—
ВНИИНП-260 (ГОСТ 19832—74)	Скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60 000 мин ⁻¹	Высокие механическая и коллоидная стабильность; работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от —50 до 180 °С	Загушение высоковязкого высокоиндексного нефтяного масла комплексным натриевым мылом; содержит противозносную и антнокислительную присадки	—

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Замеситель
ВНИИНП-270 (ТУ 38 10164—76)	Шарикоподшипники маломощных электродвигателей с частотой вращения до 10 000 мин ⁻¹ , подшипники электромоторов, потенциометров и гироскопов	Низкая испаряемость, высокая коллондная стабильность, хорошие противозадирные свойства; низкая водостойкость. Работоспособна в вакууме до 10 мкПа и при температуре от —60 до 80 °С	Загущение смеси кремний-органической жидкости и сложного эфира комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена	—
ВНИИНП-271 (ТУ 38 101603—76)	Шарикоподшипники с частотой вращения до 30 000 мин ⁻¹ , а также с малым моментом трения	Хорошие противозадирные свойства, высокая коллондная и высокая антиокислительная стабильность, хорошая морозостойкость; работоспособна от —60 до 130 °С	Загущение сложного эфира литиевым мылом стеариновой кислоты и гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную и противозадирную присадки	—
ВНИИНП-274 (ГОСТ 19337—73)	Малогабаритные прецизионные шарикоподшипники и маломощные редукторы с частотой вращения 15 000—300 000 мин ⁻¹	Низкая испаряемость, высокие термическая и механическая стабильность, морозостойкость; работоспособна в вакууме до 10 МПа и при температуре от —80 до 130 °С	Загущение синтетического углеводородного масла неорганическим загустителем; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки и дисульфид молибдена	—
ВНИИНП-286 (ТУ 38 101181—77)	Подшипники ротора гироскопа	Низкая коллондная, высокая механическая стабильность и водостойкость, превосходит все остальные смазки для гироскопов по морозостойкости; работоспособна от —60 до 120 °С	Загущение масел гидрокрекинга и гидронизомеризации литиевым мылом стеариновой кислоты и гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную и противозадирную присадки	—
ВНИИНП-293 (ТУ 38 101604—76)	Малогабаритные шарикоподшипники с малыми	Низкая коллондная и высокая термическая стабильность	Загущение кремнийорганической жидкости литиевым	—
ВНИИНП-299 (ТУ 38 101324—72)	нагрузками и пусковыми усилиями Механизмы панорамных устройств кино- и фотоаппаратуры	нось, удовлетворительные противозадирные свойства; работоспособна в глубоком вакууме и при температуре от —60 до 150 °С Высокие коллондная стабильность и адгезия; повышенная вязкость и малая зависимость ее от изменения температуры обеспечивают плавный ход и четкое фиксирование подвижных деталей кино- и фотоаппаратуры зимой и летом. Работоспособна от —30 до 50 °С	мылом стеариновой кислоты и гидрированного касторового масла Загущение кремнийорганической жидкости силикатом	—
Орион (ТУ 38 101805—80)	Состав для улавливания пыли из внутренних поверхностей оптических устройств	Работоспособна в вакууме до 10 мПа и при температуре от —60 до 60 °С	Загущение вакуумного масла стеаратом лития и церезином; содержит вязкостную и антиокислительную присадки	—
ЦИАТИМ-208 (ГОСТ 16422—70)	Тяжелонагруженные редукторы, червячные и зубчатые передачи гусеничной техники	Хорошие адгезия и водостойкость; работоспособна длительное время в термостатированных узлах трения от —40 до 70 °С	Загущение смеси нефтяных масел кальцевыми мылами нафтеновых кислот и окисленного петролатума	Трансол-200
Шахтол (ТУ 38 УССР 201359—81)	Зубчатые редукторы угледобывающих комбайнов	Высокая водостойкость, хорошие противозадирные свойства, удовлетворительная механическая стабильность; работоспособна от —40 до 70 °С	Загущение нефтяного масла кальцевым мылом СЖК и окисленным петролатумом; содержит противозадирные и противозадирные присадки и тританаоламины	Трансол-300

Смазки полужидкие

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Шахтол-К (ТУ 38 УССР 201374—84)	Зубчатые редукторы комбайнов калийных рудников	Работоспособна от —40 до 70 °С	Загущение нефтяного масла кальцевым мылом СЖК; содержит противознозные присадки и талловое масло	Трансол-300
СТП-Л, СТП-3 (ТУ 38 УССР 201232—76)	Зубчатые передачи тяжелых редукторов тепловозов	СТП-Л — летняя, работоспособна от —5 до 50 °С; СТП-3 — зимняя, работоспособна от —50 до 50 °С	Загущение нефтяного масла (СТП-Л) и нефтяного маловязкого (СТП-3) октеном и гудроном масляным; содержит противознозные дооавки	Трансол-100, Трансол-200
ОЗП-1 (ТУ 38 УССР 201117—76)	Открытые зубчатые передачи мощных приводов вращающихся печей, кузнечно-прессового оборудования и др.	Высокие адгезионные, коисервационные свойства и водостойкость; работоспособна до 70 °С	Сплавление нефтяного гудрона, октола и битума; содержит противозносную присадку	—
Трансол-100 (ТУ 38 УССР 201352—84)	Червячные редукторы и мотор-редукторы, работающие с максимальными удельными нагрузками в зацеплении до 400 МПа	Высокие термомеханическая и химическая стабильность, водостойкость, хорошие противознозные и противозадирные свойства. Без замены и пополнения обеспечивает полный ресурс работы редукторов; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение смеси нефтяного масла и сложного эфира оксистеаратом лития; содержит антиокислительную и противозносную присадки	—
Трансол-200 (ТУ 38 УССР 201352—84)	Цилиндрические и планетарные редукторы и мотор-редукторы, работающие с максимальными удельными нагрузками	Высокие противозадирные свойства и химическая стабильность; работоспособна от —30 до 130 °С	Загущение нефтяного масла гидроксистеаратом лития; содержит антикоррозийную антиокислительную, вязкую присадку	Трансол-100
Трансол-300 (ТУ 38 УССР 201364—84)	мн в зацеплении до 2000 МПа Закрывае слювые передачи сельхозмашин, состоящих из цилиндрических и конических зубчатых зацеплений	Универсальная полужидкая смазка; работоспособна от —30 до 110 °С	костную и противозадирную присадки Загущение нефтяного масла литиевым мылом СЖК; содержит антиокислительную, вязкую и противозносную присадки	Трансол-200
Прирабочные пасты				
ВНИИ НП-225 (ГОСТ 19782—74)	Подвижные и неподвижные резьбовые соединения, тяжело нагруженные тихоходные узлы трения	Работоспособна от —60 до 250 °С (алюминиевые сплавы), от —60 до 350 °С (легированные стали), от —40 до 300 °С (малооборотные узлы трения)	Загущение кремнийорганической жидкости мелкодисперсным дисульфидом молибдена; содержит стабилизирующую присадку	ВНИИ НП-232, Лимол
ВНИИ НП-232 (ГОСТ 14068—79) <i>Ручево</i>	Облегчение сборки, работа и смазывание подшипников скольжения и шарниров зубчатых и желонаторных тихоходных узлов трения, резьбовых соединений и т. п.	Противозадирная; работоспособна от —50 до 300 °С	Загущение нефтяного масла средней вязкости стеаратом лития	—
Лимол (ТУ 38 УССР 201146—80)	Облегчение сборки, работа и смазывание подшипников скольжения и шарниров зубчатых и винтовых передач, желонаторных тихоходных узлов трения, резьбовых соединений и др.	Исключительно высокие противозадирные свойства; работоспособна от —50 до 300 °С	Загущение высоковязкого нефтяного масла силикатом молибдена, оксидом металла и декстрином	ВНИИ НП-232

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
<i>Смазки, изоспециализированные (отраслевые)</i>				
<i>Смазки для электрических машин</i>				
ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421—75)	Подшипники качения судовых электрических машин горизонтального исполнения	Водостойкая, хорошие противозадирные свойства и низкая испаряемость, удовлетворительная механическая стабильность. Работоспособна от —30 до 100 °С и влажности до 98%	Загущение смеси нефтяных масел стеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена	Фиол-2М
ЛДС-1 (ТУ 38 УССР 201291—77)	Закрытые подшипники качения электродвигателей серии 4А, работающие при высоких и средних нагрузках	Высокие механическая и антиокислительная стабильность, хорошие противозадирные свойства, повышенный ресурс работоспособности, водостойкая; работоспособна от —50 до 120 °С	Загущение смеси нефтяного масла и сложного эфира гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, вязкостную и противозадирную присадки	СВЭМ, ЛДС-3
ЛДС-3 (ТУ 38 1011053—85)	Закрытые подшипники качения узлов трения электродвигателей международной унифицированной серии А1 малошумного исполнения	Снижает шум при работе электромашин; работоспособна от —50 до 120 °С	Загущение смеси нефтяного масла и сложного эфира гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, противозадирную присадки, фторопласт и дисульфид молибдена	ЛЗ-31
ЭШ-176 (ТУ 38 10196—76)	Подшипники электрических машин горизонтального и вертикального исполнения, подшипники машин в целлюлозно-бумажной промышленности	Хорошие противозадирные и противозадирные свойства, низкая механическая стабильность, склонна к уплотнению; работоспособна от —25 до 100 °С	Загущение смеси нефтяных масел литнево-цинково-свинцовым мылом СЖК, кастрового масла, асидола и канифоли; содержит графит и оксид алюминия	ВНИИНП-242, ЛДС-1
СВЭМ (ТУ 38 101982—84)	Подшипники качения мощных судовых электрических машин вертикального и горизонтального исполнения	Высокие механическая, термическая и антиокислительная стабильность, хорошая морозостойкость и низкая испаряемость; обеспечивает весь ресурс работы закрытого узла трения, однако вызывает набухание резин и вредное воздействие на краску металлических деталей. Работоспособна от —50 до 120 °С	—	ВНИИНП-242, ЛДС-3
<i>Смазки автомобильные</i>				
АМ карданная (ГОСТ 5730—51)	Шарниры карданов постоянной угловой скорости передних ведущих мостов автомобилей	Вымывается из узлов трения, низкая механическая стабильность; работоспособна от —10 до 100 °С	Загущение нефтяного масла средней вязкости натуревым мылом саломаса, хлопкового и кастрового масел и канифоли	ШРУС-4, Литол-24
Литол 459/5 (ТУ 38 101207—75)	Прерыватель распределителя зажигания автомобилей	Плотная водостойкая смазка; работоспособна от —40 до 120, кратковременно до 180 °С	Загущение нефтяного масла литиевым мылом стеариновой и 12-гидроксистеариновой кислот, содержит антиокислительную присадку	—
ЛСП-15 (ТУ 38 УССР 201224—80)	Шарниры и оси приводов акселератора, рычаги выключения сцепления, шлицевые соединения, механизмы стеклоподъемников, узлы трения промышленного оборудования	Высокие термическая, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильность, хорошие консервационные и адгезионные свойства; обеспечивает полный ресурс работы узлов. Водостойкая; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение смеси нефтяных масел литиевым мылом гидроксианного кастрового масла; содержит антиокислительную, вязкостную присадки и оксид цинка	Литол-24

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ШРБ-4 (ТУ 38 УССР 201143—77)	Шаровые шарниры передней подвески, наконечники тяг рулевого управления автомобилей (на весь срок службы)	Водостойкая, не вызывает набухания резиновых уплотнений, волокнистая структура, высокие противозадирные свойства; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение нефтяного масла комплексным бариевым мылом хлопкового масла, СЖК, 12-гидроксистеариновой и уксусной кислот; содержит антиокислительную присадку	ШРУС-4, Лимол
ШРУС-4 (ТУ 38 УССР 201312—81)	Шарниры равных угловых скоростей полноприводных автомобилей и другие узлы трения	Водостойкая, высокие механическая и антиокислительная стабильность, противозадирные и противозадирные характеристики, низкая испаряемость; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение нефтяного масла гидрооксистеаром лития; содержит антиокислительную и противозадирную присадки, а также антифрикционные добавки	№ 158
Фиол-2У (ТУ 38 УССР 201266—79)	Игольчатые подшипники крестовин карданного вала автомобилей и другой наземной техники	Высокие антиокислительная, механическая и коллоидная стабильность, хорошие противозадирные и противозадирные характеристики, водостойкая; работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение смеси нефтяных масел гидрооксистеаром лития; содержит антиокислительную присадку и антифрикционную добавку	ШРУС-4, № 158
№ 158 (ТУ 38 101320—77)	Подшипники качения автотракторного оборудования, игольчатые подшипники карданных шарниров непостоянной угловой скорости	Хорошие антиокислительная и механическая стабильность, противозадирные характеристики, водостойкость — удовлетворительная. Действует на кожу рук, поэтому при применении необходимо соблюдать правила техники безопасности. Работоспособна от —30 до 100 °С	Загущение нефтяного масла литиево-калиевым мылом; содержит антиокислительную присадку и индентер	ШРУС-4, Фиол-2У
ЛЗ-31 (ГОСТ 24300—80)	Подшипники качения закрытого типа на весь ресурс работы	Хорошие антиокислительная стабильность и антикоррозионные свойства, низкая испаряемость, высокие противозадирные свойства, при контакте с водой дисперсионная среда гидролизует; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение сложного эфира стеаратом лития; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	ШРУС-4, ЛДС-3, ЛИТОЛ-24
КСБ (ТУ 38 УССР 201115—76)	Контакты электрического переключателя указателя поворотов автомобилей ВАЗ	Токопроводящая, предотвращает искрение в контактах и снижает радиопомехи, обеспечивает полный ресурс работы узлов трения; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом стеариновой кислоты и саломаса; содержит антиокислительную и противозадирную присадки, медную пудру и другие добавки	—
ДТ-1 (ТУ 38 УССР 201116—76)	Сборка деталей систем гидроприводов автомобилей, работающих в контакте с резиновыми техническими изделиями	Не вызывает набухания резиновых изделий, высокие противозадирные и противозадирные свойства, растворима в воде; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение касторового масла натриевым мылом касторового масла; содержит графит и другие антифрикционные добавки	—
Дисперсол-1 (ТУ 38 УССР 201144—72)	Механизмы стеклоподъемников, замки, двери и другие детали автомобилей ВАЗ	Гигроскопична, работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение нефтяного масла комплексным кальциевым мылом стеариновой, 12-гидроксистеариновой и уксусной кислот и церезином; содержит уайт-спирит	МЗ-10
МЗ-10 (ТУ 38 101622—76)	Механизмы стеклоподъемников, замки и стопорные механизмы дверей автомобилей ЗИЛ	Высокая адгезия и хорошие противозадирные, противозадирные и консервационные свойства; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратом цинка и церезином; содержит вязкостную присадку и графит	Фиол-2М

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Смазки железнодорожные				
ЛЗ-ЦНИИ (ГОСТ 19791—74)	Роликовые подшипники железнодорожных вагонов	Хорошие противоизносные и противозадирные характеристики, низкая водостойкость, склонность к термическому упрочнению и недостаточные консервационные свойства; работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла натриевым кальциевым мылом касторового масла, содержит антиокислительную и противиозносную присадку	ЖРО
ЖРО (ТУ 32 ЦТ 520—83)	Подшипники качения букс железнодорожных локомотивов, подшипники тяговых электродвигателей	Высокие водостойкость и противозадирные характеристики, обеспечивает беззаменную и пополнения 400 000 км пробега электровозов и тепловозов; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла литиевым мылом стеариновой, олеиновой кислот и касторового масла; содержит антиокислительную присадку	ЛЗ-ЦНИИ
Кулисная ЖК (ТУ 32 ЦТ 549—83)	Гнезда трения кулисного механизма, соединения рессорного подвешивания	Невысокая водостойкость, хорошие адгезионные свойства; работоспособна от —30 до 80 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом жидкого гудрона	Литол-24, ЖРО
ЦНИИ-КЗ (ТУ 32 ЦТ 896—82)	Защита от обледенения токоприемников электровозов и другого электроподвижного состава	Гигроскопична, отличные антиобледенительные характеристики; работоспособна от —40 до 40 °С	Загущение нефтяного масла, пропиленгликоля и глицерина литиевым мылом стеариновой кислоты и касторового масла, церезином; содержит антиокислительную, антикоррозионную и противиозносную присадки	—
ЖТ-72 (ТУ 38 101345—77)	Тормоза локомотивов при трении резины по металлу	Морозостойка; не вызывает набухания резиновых уплотнений	Загущение кремнийорганической жидкости комплексной жидкости	ЖТ-79Л, ЦИАТИМ-221
ЖТ-79Л (ТУ 32 ЦТ 1176—83)	Тормоза локомотивов и вагонов	Не вызывает набухания резины, хорошие противиозносные характеристики, морозостойкая; работоспособна от —60 до 120 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и изопарафинового масла сепаратом лития; содержит антиокислительную присадку и пластификатор	ЖТ-72
ЖА (ТУ 32 ЦТ 550—83)	Закладка в греющиеся буксы вагонов, оборудование подшипниками скольжения для приработки поврежденных поверхностей	Антиаварийная, высокие противиозносные, смазочные и адгезионные свойства, хорошие противоизносные характеристики, неводостойка; работоспособна от —30 до 100 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом асфальтобензина, содержит графит	—
ЖР (ТУ 32 ЦТ 553—83)	Уменьшение бокового износа рельс на кривых участках пути и гребней балдажей колесных пар	Растворима в воде, низкая коллоидная стабильность; работоспособна от —30 до 80 °С (летняя), от —50 до 50 °С (зимняя)	Загущение смеси нефтяных масел натриево-кальциевым мылом жидкого гудрона, касторового масла, сала, саи; содержит графит, оксид цинка и серу	Графитная УССа
ЖД (ТУ 32 ЦТ 548—83)	Разрезные подшипники, пальцы кривошипов и подшипников, оборудованных плавающими втулками	Водорастворима; работоспособна до 75—100 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом сала и жидкого гудрона; содержит до 6% воды и до 1,2% щелочи (NaOH)	—
Контактная (ТУ 38 УССР 201129—77)	Смазывание накладок и стыков рельс с целью обеспечения их устойчивой электропроводности	Низкая испаряемость, хорошие коллоидная стабильность и водостойкость; токопроводящая; работоспособна от 0 до 60 °С	Загущение смеси нефтяных масел гидратированным кальциевым мылом СЖК; содержит графит	Графитная УССа

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Смазки морские				
АМС-1, АМС-3 (ГОСТ 2712—75)	Предотвращение коррозии механизмов кораблей, подводных лодок, гидросамолетов	Высокие консервационные характеристики, адгезия к металлу, водостойкость; работоспособны от —15 до 65 °С (АМС-1), от 0 до 75 °С (АМС-3)	Загущение высоковязкого нефтяного масла алюминиевым мылом стеариновой и олеиновой кислот	—
МС-70 (ГОСТ 9762—76)	Подшипники качения и скольжения, непосредственно соприкасающиеся с морской водой	Высокие водостойкость, консервационные свойства и морозостойкость; обеспечивает периодическую работу механизмов в течение 10 лет; работоспособна от —45 до 65 °С, в мощных механизмах — от —50 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратами бария и алюминия, а также церезином; содержит вязкостную присадку	МЗ, Лита, Зимол
МУС-3А (ТУ 38 10171—74)	Высоконагруженные узлы трения, работающие в контакте с морской водой	Хорошие консервационные и противозадирные свойства, морозостойкая; работоспособна от —50 до 65 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратами бария и алюминия, а также церезином; содержит вязкостную и антикоррозийную присадки и антифрикционную добавку	МС-70, МЗ
МЗ (ТУ 38 001263—76)	Узлы трения, работающие в контакте с морской водой	Хорошая коллоидная и удовлетворительная механическая стабильность; морозостойкая, рабоче-консервационная; работоспособна от —50 до 80 °С	Загущение нефтяного масла алюминиевым мылом и церезином	Лита, Зимол

Смазки авиационные

Эра (ТУ 38 101950—83)	Подшипники качения и скольжения, зубчатые	Высокие механическая, антиокислительная стабиль-	—	ЦИАТИМ-201 (ограниченно)
Смазки авиационные				
ВНИИНП-254 (ТУ 38 40146—83)	передачи систем управления самолетов	Хорошие антикоррозионные свойства и противозадирные характеристики, не вызывает набухания резиновых изделий; работоспособна от —60 до 120 °С	Содержит комплекс металлоплакирующих добавок	Свинцоль-01 (ограниченно)
ВНИИНП-261 (ТУ 38 401341—81)	Узлы трения скольжения, работающие при высоких знакопеременных нагрузках, иглопильные подшипники и винтовые механизмы	Морозостойкая, высокие противозадирные характеристики, механическая и коллоидная стабильность и водостойкость; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 150 °С	—	—
ВНИИНП-281 (ТУ 38 101123—81)	Конические роликовые подшипники ступиц колес шасси летательных аппаратов	Высокие термостойкость, механическая и антиокислительная стабильность; работоспособна от —40 до 150 °С	—	—
ВНИИНП-281 (ТУ 38 101123—81)	Скоростные агрегатные слабонагруженные подшипники некоторых самолетов	Хорошие смазывающие и низкотемпературные свойства, низкая испаряемость, удовлетворительная водостойкость, инертна к резине; работоспособна от —60 до 120 °С	Загущение смеси синтетических углеводородных масел комплексным натриевым мылом; содержит адгезионную и противозадирную добавку	—
Свинцоль-01 (ТУ 38 101577—76)	Тяжелонагруженные узлы трения (шарнирные соединения опор шасси и др.) некоторых самолетов и вертолетов	Повышенные противозадирные и противозадирные свойства, нерастворима в воде, токсичная; работоспособна от —60 до 90 °С	Добавление к смазке ЦИАТИМ-201 порошкообразного свинца	ВНИИНП-254
Свинцоль-02 (ТУ 38 101578—76)	Тяжелонагруженные узлы трения некоторых самолетов и вертолетов	Высокие противозадирные свойства, токсичная; работоспособна от —50 до 90 °С	Добавление к смазке ЦИАТИМ-203 порошкообразного свинца	ВНИИНП-254

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	ЗамениТЕЛЬ
СТ (НК-50) (ГОСТ 5573—67)	Подшипники ступиц шасси самолетов	Низкие водо- и морозостойкость; работоспособна от —15 до 180 °С	Загущение нефтяного остаточного масла сернокислотной очистки пазрневым мылом саломаса и технического жира; содержит коллоидный графит	ВНИИ НП-261
№ 9 (ТУ 38 001116—73)	Специфические узлы трения	Морозостойкая, консервационные свойства и водостойкость удовлетворительные, антиокислительная и коллоидная стабильность низкие; работоспособна от —60 до 80 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла бариево-свищовым мылом стеариновой кислоты	—

Смазки и индустриальные

Униол-2 (ГОСТ 23510—79)	Узлы трения металлургического и горнообогатительного оборудования с системами централизованной подачи смазки	Высокая термостойкость, хорошие противозадирные характеристики и прокачиваемость, влагоупрочняется при хранении; работоспособна от —30 до 160 °С	Загущение высокоиндексного нефтяного масла остаточного масла комплексным кальциевым мылом СЖК и уксусной кислоты, содержит антиокислительную, противозадирную, и антикоррозионную присадки	Униол-1
ИП-1 (Л, З) (ТУ 38 101820—80)	Подшипники металлургического оборудования с централизованной подачей смазки	Хорошие водостойкость и противозадирные характеристики, низкие морозостойкость и механическая стабильность, удовлетворительная коллоидная стабильность; работоспособна от 0 до 70 °С (Л) и от —10 до 70 °С (З)	Загущение цилиндрического нефтяного масла кальциевым мылом хлопкового масла и саломаса; содержит противозадирную присадку	Униол-2

ЛКС-2 (ТУ 38 1011015—85)	Подшипниковые узлы главных шпинделей металлорежущих станков, оснащенных шариковыми и роликовыми подшипниками	Высокие механическая, коллоидная, антиокислительная и термическая стабильность, повышенные противозадирные свойства; работоспособна от —40 до 150 °С	Загущение смеси синтетических масел комплексным литиевым мылом; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	—
ЛКС-металлургическая (ТУ 38 401124—85)	Подшипники качения металлургического оборудования	Закладная, высокие термическая, механическая и антиокислительная стабильность, водостойкость, хорошие противозадирные характеристики; работоспособна от —30 до 150 кратковременно до 170 °С	Загущение нефтяного остаточного масла комплексным литиевым мылом; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку	—
КБС (ТУ 38 1011019—85)	Подшипниковые узлы координатно-расточных станков, оснащенных упорными роликовыми подшипниками	Высокая механическая стабильность, водостойкая; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение смеси нефтяных масел безводным кальциевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антикоррозионную и антиокислительную присадки	ЛКС-2
ЛС-ИП (ТУ 38 УССР 201145—77)	Тяжелонагруженные узлы трения литейного, кузнечно-прессового и другого оборудования с централизованной системой подачи смазки	Водостойкая, хорошая механическая стабильность, противозадирная; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение смеси нефтяных масел литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит противозадирные и антиокислительную присадки	Униол-2
Старт (ТУ 38 401204—81)	Подшипники скоростных шпинделей	Высокие термическая, коллоидная и антиокислительная стабильность, удовлетворительная водостойкость; работоспособна от —40 до 140 °С	Загущение смеси нефтяного и синтетического масел комплексным натриевым мылом; содержит антикоррозионную и антиокислительную присадки	ЛКС-2

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Сюл (ТУ 38 10152—74)	Скоростные подшипники электровелосипедов и нажимных валков прядильных машин, работающих при частотах до 16 000 мин ⁻¹	Высокие термо- и водостойкость; удовлетворительные консервационные свойства; работоспособна от —30 до 130 °С	Загушение смеси нефтяных масел аэросилом; содержит дисульфид молибдена	ВНИИ НП-242
ВНИИ НП-273 (ТУ 38 101476—74)	Подшипники качения и скольжения, шарикоподшипники, реечные и винтовые приводы, резьбовые соединения, работающие в условиях воздействия радиации	Хорошие противозадирные свойства, коллоидная и химическая стабильность, мягкая консистенция; работоспособна от —20 до 120 °С	Загушение синтетического углеводородного масла неорганическими загустителями; содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку	ВНИИ НП-275
Ротационная ИР (ОСТ 38 137—74)	Узлы трения ротационных машин	Высокие адгезия, консервационные свойства и водостойкость; работоспособна от —15 до 65 °С в течение 10 и более лет	Загушение нефтяного остаточного масла стеаратом алюминия	АМС-1
Смазки буровые				
Долотол Н (ТУ 38 УССР 201369—81)	Шарошечные долота с негерметизированной опорой качения и скольжения	Высокие механическая, коллоидная и антиокислительная стабильность, водостойкость, противозадирные и консервационные свойства; работоспособна от —20 до 150 °С	Загушение нефтяного остаточного масла гидроаккумулятора литья; содержит антиокислительную присадку и антифрикционные добавки	—
Долотол АУ (ТУ 38 УССР 201370—81)	Шарошечные долота с герметизированной опорой скольжения	Высокие антиокислительная стабильность и противозадирные характеристики, водостойкая, консервационная; работоспособна от —30 до 250 °С	Загушение нефтяного остаточного масла комплексным кальциевым мылом СЖК; содержит антифрикционные добавки	—
Долотол НУ (ТУ 38 УССР 201371—81)	Шарошечные долота с герметизированной опорой качения и скольжения	Высокие механическая и коллоидная стабильность, водостойкость, противозадирные и консервационные свойства	Загушение нефтяного остаточного масла безводным кальциевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антифрикционные добавки и антиокислительную присадку	—
Геол-1 (ТУ 38 УССР 201385—82)	Нанесение на поверхность бурльных труб и кернопримемных устройств для высокооборотного бурения	Водостойкая, консервационная и противозадирная; работоспособна от —10 до 60 °С	Загушение смеси нефтяных масел гидратированным кальциевым мылом СЖК; содержит адгезионные присадки и антифрикционную добавку	—
Смазки электроконтактные				
ВНИИ НП-248 (ТУ 38 101643—76)	Скользкие электрические контакты проводочных резисторов	Мягкая консистенция, высокое удельное сопротивление, хорошие морозо-, термо- и водостойкость; работоспособна от —60 до 200 °С	—	—
ВНИИ НП-502 (ТУ 38 101771—79)	Слаботочные электрические контакты модульных переключателей	Электроконтактная, высокая водостойкость, адгезия, механическая стабильность и консервационные свойства; работоспособна от —40 до 100 °С	—	—
Паста 164-39 (ТУ 602989—77)	Скользкие контакты селекторов каналов телеграфов и других приборов	Высокие термическая стабильность и морозостойкость, невысокое удельное сопротивление; работоспособна от —60 до 150 °С	Загушение кремнийорганической жидкостью неорганических загустителей; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	—

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Электра-1 (ТУ 38 401301—80)	Скользящие контакты типа «скользя — щетка» коллекторного узла вращающихся трансформаторов	Высокая термическая стабильность, хорошие противозносные характеристики и водостойкость, большой срок службы при переходном сопротивлении менее 0,1 Ом; работоспособна от —40 до 120 °С	—	—
<i>Консервационные (защитные) смазки</i>				
<i>Смазки общего назначения</i>				
Пушечная (ПВК) (ГОСТ 19537—83)	Защита от коррозии металлических изделий, предотвращение ржавления изделий из черных и цветных металлов, консервация металлических изделий и механизмов	Высокие адгезионные и когезионные свойства, водостойкость, удерживается на наклонных и вертикальных поверхностях; работоспособна от —50 до 50 °С	Загушение нефтяного масла; петролатумом и церезином; содержит антикоррозионную присадку	ГОИ-54п, Солидол С, ВТВ-1
ВНИИСТ-2 (ТУ 38 101379—73)	Изоляция наземных трубопроводов	Полужидкая, морозостойкая; работоспособна от —60 до 40 °С	Загушение смеси нефтяного масла петролатумом; содержит защитную смазку НГ-204у	—
ВТВ-1 (ТУ 38 101180—76)	Предотвращение окисления клемм аккумуляторов автомобилей, консервация металлических изделий и наружных поверхностей механизмов при транспортировании или длительном хранении	Высокие водостойкость, адгезионные и консервационные свойства, хорошая морозостойкость; работоспособна от —40 до 45 °С	Загушение нефтяного масла; церезином и парафином; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки	Пушечная
ВТВ-1, аэрозольная упаковка (ТУ 6 15.954—80)	Консервация неокрашенных и декоративных металлических поверхностей, клемм аккумуляторов, замков автомобилей и т. п.	Морозостойкая; работоспособна от —40 до 50 °С	Растворение вазелина ВТВ-1 в бензине-растворителе	—
ПП-95/5 (ГОСТ 4113—80)	Защита от коррозии боеприпасов при особом длительном хранении.	Хорошие водостойкость, адгезия и консервационные свойства; работоспособна от —40 до 40 °С	Сплавление петролатума с парафином; содержит избыток NaOH (до 0,2%)	Пушечная
АК (ТУ 32 ЦТ 552—78)	Защита от коррозии стальных тросов и деталей контактной сети электрифицированных железных дорог	Работоспособна от —40 до 50 °С	Загушение цилиндрического масла церезином; содержит избыток NaOH (до 0,3%)	Пушечная
ЗЭС (ТУ 38 101474—74)	Защита от коррозии грозозащитных тросов и арматуры высоковольтных линий электропередач, машин и механизмов, хранящихся и эксплуатируемых на открытом воздухе	Высокие водостойкость и адгезия, хорошие консервационные свойства; работоспособна до 100 °С	Загушение цилиндрического масла алюминиевым мылом СЖК и петролатумом	АМС-1
ПН (ТУ 38 101876—81)	Смазывание малокалорийных спортивных патронов	Высокие коллоидная стабильность, водостойкость, консервационные и антифрикционные свойства; работоспособна от —30 до 50 °С	Загушение нефтяного масла твердыми высокопластичными углеводородами; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки	—
БВН-1 (ГОСТ 5656—60)	Резьбовые соединения, нагреваемые до высоких температур, механизмы затворов орудий	Полужидкая; работоспособна от —50 до 50 °С	Загушение смеси нефтяных масел церезином или маловязкого масла смазкой ГОИ-54п; содержит антикоррозионную присадку и коллоидный графит	Графитная, УСсА

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Смазки канатные и пропиточные составы				
Канатная 39У (ТУ 38 УССР 201335—80)	Рудничные и буровые канаты, тросы, подъемно-транспортные машины	Хорошие водостойкость, адгезия к металлу, консервационные свойства и водостойкость; работоспособна от —25 до 50 °С	Сплавление нигрола, гудрона масляного, церезина, кубовых остатков СЖК и триэтанолламина	Торсиол-35
БОЗ-1 (ТУ 39 9157—75)	Стальные канаты при их изготовлении	Хорошие адгезия к металлу, водостойкость и консервационные свойства; работоспособна от —20 до 50 °С	Загущение нефтяного масла озокеритом и петролатумом; содержит антикоррозийную присадку	39У, Торсиол-35
Торсиол-35Б (ТУ 38 УССР 201214—80)	Стальные канаты различного назначения при их изготовлении	Хорошие водо- и морозостойкость, адгезионные, консервационные и антифрикционные свойства; работоспособна от —35 до 50 °С	Загущение смеси нефтяных масел церезином; содержит буроугольный воск и окисленный петролатум	39У
Торсиол-35Э (ТУ 38 УССР 201214—80)	Смазывание стальных канатов различного назначения при их эксплуатации	Водо- и морозостойкая; работоспособна от —35 до 50 °С	Разбавление смазки Торсиол-35Б перхлорэтиленом	Торсиол-35Б
Торсиол-55 (ГОСТ 20458—75)	Стальные канаты при их изготовлении, эксплуатирующиеся при особо низких температурах, смазывание канатов при эксплуатации	Морозостойкая, высокие водостойкость, адгезия к металлу, антифрикционные и консервационные свойства; работоспособна от —60 до 50 °С	Загущение смеси нефтяного масла и кремнийорганической жидкости твердыми углеводородами; содержит антикоррозийную присадку	—
Ваерол (ТУ 38 УССР 201406—86)	Стальные канаты промысловых и грузоподъемных устройств морских судов при их изготовлении	Высокие адгезия к металлам, водостойкость, защитные свойства и антифрикционные характеристики; работоспособна от —30 до 50 °С	Загущение смеси нефтяных масел церезином и природным воском; содержит антикоррозийную и адгезионную присадки	—
Ваерол-Э (ТУ 38 УССР 201443—84)	Смазывание в процессе эксплуатации стальных канатов промысловых и грузовых устройств морских судов	Высокие адгезия к металлам, водостойкость, защитные свойства и антифрикционные характеристики; работоспособна от —30 до 50 °С	Разбавление смазки Ваерол-Э растворителем	—
ВНИИНП-265 (ТУ 38 101156—76)	Смазывание стальных канатов на установках со шкивами трения	Фрикционная, высокие водостойкость, адгезионные и консервационные свойства; работоспособна от —15 до 50 °С	Сплавление природного воска с гудроном; содержит адгезионную присадку	ВНИИНП-278
ВНИИНП-278 (ТУ 38 101630—76)	Смазывание стальных канатов в подъемных устройствах с тяговыми шкивами	Фрикционная, водо- и морозостойкая, адгезионная, хорошо защищает от коррозии, обеспечивает высокий коэффициент трения между канатом и шкивом	Загущение маловязкого нефтяного масла октолом и буроугольным воском; содержит вязкостную присадку	—
КФ-10 (ТУ 38 УССР 201379—86)	Канаты многоканатных подъемных устройств с фрикционными шкивами при их изготовлении	Фрикционная, высокие адгезия, водостойкость, консервационные свойства; обеспечивает необходимый коэффициент трения между канатами и фрикционными шкивами; работоспособна от —10 до 50 °С	Загущение нефтяных масел петролатумом и битумным структурообразователем; содержит канфоль	—
КФ-10Э (ТУ 38 УССР 201379—86)	Смазывание стальных канатов шахтных многоканатных подъемных устройств в процессе их эксплуатации	Фрикционная, высокие адгезионные, консервационные свойства и водостойкость; работоспособна от —10 до 50 °С	Растворение смазки КФ-10 в перхлорэтилене	—
Е-1 (ГОСТ 15037—69)	Пропитка органических сердечников стальных канатов общего назначения	Высокие адгезионные, консервационные, антифрикционные свойства и водостойкость; работоспособна от —20 до 50 °С	Загущение нигрола зимнего петролатумом; содержит серу и нафтенат меди	Е-86

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Технология получения работы	Характеристика и режим	Заменитель
Е-9 (ТУ 38 УССР 201223—75) Е-86 (ТУ 38 УССР 201451—85)	Пропитка органических сердечников стальных канатов, работающих смазкой Торсил-55 Пропитка органических сердечников стальных канатов общего назначения	Наиболее морозостойкая из всех отечественных пропиточных составов; работоспособна от —50 до 50 °С Высокие адгезионные, консервационные и антифрикционные характеристики; водостойкость; работоспособна от —35 до 50 °С	Загущение смеси нефтяного и синтетического масел оксидом и озокеритом; содержит нафтенат меди и серу Загущение нефтяного масла природными восками; содержит адгезионную и антифрикционную присадки	— —
<i>Уплотнительные (резбовые) смазки</i>				
Р-2 (ТУ 38 101332—76)	Резбовые соединения обсадных и насосно-компрессорных труб буровых скважин	Хорошие водо- и морозостойкость; работоспособна от —30 до 50 °С	Загущение смеси индустриальных масел стеаратом алюминия; содержит порошки свинца, медную пудру и графит	Р-402
Р-113 (ТУ 38 101708—78)	Резбовые соединения зубойных двигателей, переводников, долот, замков, бурильных труб глубоких и сверхглубоких скважин	Водостойкая, токсичная; работоспособна от —30 до 200 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и нефтяного масла стеаратом алюминия и лития; содержит порошок свинца, оксид свинца и сульфид свинца	Р-416 (до 100 °С)
Р-402 (ТУ 38 101708—78)	Резбы обсадных труб глубоких газоконденсатных скважин и насосно-компрессорных труб любого диаметра	Водостойкая, токсичная; работоспособна от —50 до 200 °С	Загущение смеси нефтяных масел и кремнийорганической жидкости стеаратами лития и алюминия; содержит порошки свинца, цинка, меди и графит	Р-2 (до 50 °С)
Р-416 (ТУ 38 101708—78)	Сборка и разборка буровой техники с крупной резьбой, обеспечение герметичности соединений до 30 МПа	Водостойкая, хорошие консервационные и противозадирные свойства, токсичная; работоспособна от —30 до 100 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла литиевыми мылом стеариновой и синтетических жирных кислот, а также буровым угольным воском; содержит триэтиленгликоль, поронок свинца, оксид свинца и сульфид свинца	Р-113
ВНИИ НП-263 (ГОСТ 16862—71)	Обеспечение герметичности резьбовых соединений, облегчение ввертывания и вывертывания резьбы	Хорошие водо- и морозостойкость, при температуре выше 100 °С высыхает; обеспечивает герметичность резьбового соединения при нормальном давлении и глубоком вакууме; работоспособна от —50 до 100 °С	Загущение нефтяного масла силикагелем; содержит многофункциональную присадку	Р-416
ВНИИ НП-291 (ТУ 38 001198—74)	Герметизация кранов, находящихся в системах подачи хозяйственно-питьевой воды	Хорошие водостойкость и коллоидная стабильность; нерастворима в нефтепродуктах; работоспособна от 0 до 100 °С	Загущение касторового масла неорганическим загустителем, содержит глицерин	ВНИИ НП-292
ВНИИ НП-292 (ТУ 38 101472—74)	То же	Высокие адгезия к металлам и водостойкость; работоспособна от 0 до 100 °С	Загущение нефтяного масла силикагелем; содержит вязкостную присадку	ВНИИ НП-291
ВНИИ НП-300 (ТУ 38 101298—72)	Смазывание подвижных соединений лабораторных высоковакуумных установок; неподвижная фаза для газожидкостных хроматографов	Высокие водостойкость, адгезионные и консервационные характеристики; работоспособна от 0 до 50 °С	Загущение высоковязкого нефтяного масла петролатом; содержит натуральный каучук	Вакуумная
Вакуумная (ОСТ 38 0183—75)	Уплотнение подвижных соединений вакуумных установок из стекла и металла	Каучукообразная мазь, исключительно водостойкая, высокие адгезионные и консервационные свойства; работоспособна от 0 до 40 °С	Загущение высоковязкого вазелинового масла церезином; содержит натуральный каучук	ВНИИ НП-300

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Замаска вакуумная (ОСТ 38 0194—75)	Уплотнение разборных, но неподвижных соединений вакуумных установок	Водостойкая, высокие адгезионные и консервационные характеристики; работоспособна от —10 до 40 °С	Загущение высоковязкого вазелинового масла вакуумной смазкой и церезином; содержит косметический каолин	—
Замаска ЗЗК-3у (ГОСТ 19538—74)	Герметизация щелей в локлах, крышках, дверях и других неплотностей боевых и транспортных машин при их длительной консервации	Высокие адгезионные свойства и водостойкость; работоспособна от —40 до 50 °С	Загущение высоковязкого нефтяного масла алюминиевым мылом СЖК и петролатумом; содержит синтетический каучук	—
ЛЗ-162 (ТУ 38 101315—77)	Прямоточные задвижки и пробковые краны фонтанирующих нефтяных и газовых скважин при давлении в забое до 100 МПа	Растворима в углеводородах и нерастворима в воде; работоспособна от —25 до 130 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла литиево-цинковым мылом СЖК; содержит канифоль, порошкообразную слюду и оксид алюминия	—
Бензиноупорная (ГОСТ 7171—78)	Герметизация пробковых кранов и резьбовых соединений топливных и масляных систем некоторых двигателей	Практически нерастворима в органических растворителях и воде; работоспособна от —10 до 40 °С	Загущение окисленного касторового масла цинковым мылом касторового масла	Для газовых кранов (названная техника)
Для газовых кранов (ТУ 38 101316—78)	Аматюра газовых магистралей и распределительных станций при давлении до 5 МПа	Нерастворима в нефтепродуктах, хорошо растворима в спирте и кислородсодержащих растворителях; работоспособна от 0 до 50 °С	Загущение касторового масла гидратированным кальциевым мылом касторового масла	—
Насосная (ТУ 38 101311—78)	Сальниковые уплотнения нефтяных и грязевых насосов высокого давления буровых установок	Водостойкая, нерастворима в углеводородах, спиртах, глицерине и т. п.; работоспособна от —20 до 120 °С	Загущение окисленного касторового масла коллоидно-графитовым препаратом; содержит стеарат лития в качестве стабилизатора структуры	ЛЗ-162

Аматол-238
(ТУ 38 101812—83)

Герметизация запорных устройств устьевого нефтеслосового оборудования нефтяных и газовых месторождений; используются при содержании в газе $\leq 25\%$ ($H_2S + CO_2$)	Мало растворима в жидких и газообразных углеводородах, частично растворяется в бензине; работоспособна от —50 до 120 °С	Загущение смеси касторового и синтетического масел азосилом; содержит графит	—
--	---	--	---

Таблица 6.8. Характеристики смазок в соответствии с классификацией по областям применения

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пenetрация при 25 °С, 10 ⁻⁴ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 с ⁻¹ , Па·с	Коллоидная стабильность, %
Антифрикционные смазки					
Смазки общего назначения для обычных температур					
Солидол С	85—105	260—310	300—700	≤ 200	1—5
Пресс-солидол С	85—95	310—350	70—200	≤ 100	2—10
Солидол Ж	75—87	230—290	300—600	≤ 250	7—13
Пресс-солидол Ж	≥ 75	330—355	—	≤ 100	7—13
Графитная	77—85	250—280	300—700	≤ 100	2—5
Смазки общего назначения для повышенных температур					
Л-13	≥ 120	180—250	500—1000	≤ 500	≤ 20
Консталли	≥ 130	225—275	150—300	250—500	8—20
Смазки многоцелевые					
Литол-24	≥ 185	220—250	500—1000	≤ 280	≤ 12
Литол-24РК	≥ 180	200—250	450—1100	≤ 280	≤ 12
Фтол-1	≥ 185	310—340	≥ 250	≤ 200	≤ 25
Фтол-2	≥ 188	265—295	300	≤ 250	≤ 16
Фтол-2М	≥ 180	265—295	300	≤ 250	≤ 15
БНЗ-3	≥ 170	230—280	550—770	≤ 500	≤ 15
Алюмол	≥ 230	220—250	500—1000	≤ 280	≤ 12

Товарное наименование	Температура капле-падения, °С	Пенетрация при 25 °С, 10 ⁻⁴ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 с ⁻¹ , Па·с	Холодная стучильность, %
Смазки термостойкие					
ЦИАТИМ-221	≥200	280—360	250—450	80—200	≤7
ЦИАТИМ-221с	≥200	255	40—180	165	≤9
Унипол-1	≥200	280—320	200—500	≤160	≤10
ВНИИП-207	≥250	220—245	250—500	180—200	≤7
ВНИИП-210	≥200	390	70	250	≤12
ВНИИП-214	≥200	—	≥100	160	≤15
ВНИИП-219	≥250	360	250—500	180—200	≤7
ВНИИП-231	—	330	250—450	50—75	≤8
ВНИИП-233	—	320	50—160	100	≤10
ВНИИП-235	—	325	100—150	≤300(—40 °С)	≤19
ВНИИП-246	≥200	345	400—600	60—200	≤10
ВНИИП-247	≥200	220	690	220	≤8
Графитол	≥250	265—295	350—700	300—600	≤8
Аэрол	≥250	265—295	300—700	300—700	≤8
Силикол	≥250	220—250	700—1000	≤550	≤9
Полимоп	≥250	240—280	300—700	400—700	≤4
БНЗ-4	≥250	265—295	400—420	150—400	≤12
БНЗ-5	≥230	≥400	0	≤100	—
ПФМС-4С	—	—	100—200	200—250	1,6

Смазки низкотемпературные

ЦИАТИМ-201	≥175	265—310	350—500	≤1100(—50 °С)	≤26
ЦИАТИМ-203	≥160	250—300	350—700	≤1000(—30 °С)	≤10
Скарядная ВС	≥70	230—280	300—500	230—490(—30 °С)	15—35
ГОИ-54п	≥60	200—245	200—600	≤1200(—40 °С)	≤15
Лита	≥170	240—265	550—750	≤1000(—30 °С)	≤20
Зимол	≥190	240—290	300—1000	≤2000(—50 °С)	≤20

Смазки химически стойкие

ЦИАТИМ-205	≥65	≤165	≥1200	1000—2500	≤5
ВНИИП-279	≥250	310	200—300	120—200	≤3,5
ВНИИП-280	—	—	350	≤850(—40 °С)	≤8
ВНИИП-282	≥250	240	280—750	250	10
ВНИИП-283	≥250	200—220	420—790	240—340	≤6
ВНИИП-294	—	285	580	265	≤6
ВНИИП-295	—	320	130	25—50	≤5
ВНИИП-298	—	220—250	440	380	≤6,5
Кригель	≥140	320—355	260—350	120—150	≤9
№ 8	≥150	220	500—750	250—400	≤14
Фторуглеродная 10 ОКФ	≥120	175	≥300	6000	≤3
Фторуглеродная 3Ф	—	290	150—250	2000—5000	2—10
Фторуглеродная КСТ	—	≥360	0	2200	—

Смазки приборные

ОКБ-127-7	180—205	195	1000—1500	500—700	≤10
ОКБ-122-7-5	150—170	210	500—1000	≤700(—10 °С)	≤12
ЦИАТИМ-202	≥170	265—325	200—300	150—220	≤20
АЦ-1, АЦ-3	≥100	250—290	900—1100	65	≤15
Дельга-1, Дельга-III	≥180—188	200	700—1500	75	≤28
СОТ	—	235	400	90	≤6
ВНИИП-223	≥180	320—370	≥150	60—100	≤15
ВНИИП-228	≥180	320—370	≥110	40—80	≤14
ВНИИП-257	≥190	—	80—100	35	≤12
ВНИИП-258	≥200	320—360	100	70	10
ВНИИП-260	≥175	—	110—170	≤100(100 с ⁻¹)	≤8
ВНИИП-270	≥170	310	150	40	≤16
ВНИИП-271	≥170	—	100—200	75	≤35
ВНИИП-274	≥190	—	270—370	80—100	≤18
ВНИИП-286	≥170	210	500—660	110	≤35
ВНИИП-293	170	—	140—170	18	31
ВНИИП-299	—	310	280	680	≤3
Орион	180—200	190	600—1200	2300(—20 °С)	≤6

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25 °С, 10 ⁻⁴ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 с ⁻¹ , Па·с	Коллоидная стабильность, %
Смазки полужидкие					
ЦИАТИМ-208	—	300—360 (—15 °С)	—	18000 (—30 °С)	—
Шахтол	—	—	—	—	—
Шахтол-К	—	—	—	—	—
СТП-Л	—	≥25 (0 °С)	—	—	—
СТП-3	—	80—100 (0 °С)	—	—	—
ОЗП-1	30—35	280—420	—	—	—
Трансол-100	≥150	400—430	—	1200 (—30 °С)	≤35
Трансол-200	≥150	400—430	—	1400 (—30 °С)	≤30
Трансол-300	≥140	360—390	—	1500 (—30 °С)	≤30
Пасты прирабочные					
Линол	≥240	310—340	250	250	≤3
ВНИИ НП-225	—	420	300	120	10—15
ВНИИ НП-232	—	235	1800	300	≤4
Смазки узкоспециализированные (отраслевые)					
Смазки для электрических машин					
ЛДС-1	≥185	230—270	500—700	≤200	≤18
ЛДС-3	≥185	220—260	500—700	280	≤18
ВНИИ НП-242	170—205	225	500—1200	≤500	≤10
ЭШ-176	≥170	175	3000	1200	≤11
СВЭМ	≥180	270	560—660	110—130	≤10
Смазки автомобильные					
АМ карданная	≥115	220—270	500—700	300—600	10—15
Литол-459/5	≥195	180—190	1900	580	≤6
ЛСЦ-15	≥185	250—280	≥500	≤280	≤15
ШРБ-4	≥230	265—295	≥200	80—160	≤10
ШРУС-4	≥190	250—280	300—700	≤250	≤16
Смазки железнодорожные					
Фол-2У	≥180	255—295	≥300	≤170	≤12
№ 158	≥132	305	150—500	≤400	≤23
ЛЗ-31	≥188	220—250	500—620	≤280	≤12
КСБ	≥170	245—275	300—800	400—800	≤8
ДТ-1	≥110	315—345	150	230	12
Дисперсол-1	≥85	270—310	—	—	≤15
МЗ-10	≥70	270	210	70—220	≤8
Смазки авиационные					
ЛЗ-ЦНИИ	≥130	200—260	700—1000	≤450	≤23
ЖРО	≥180	190—250	800—1000	370—430	≤12
Кулисная ЖК	≥1000	270—325	220—420	150—250	4—12
ЦНИИ-КЗ	125—130	310—340	360	≤400	—
ЖТ-72	170—192	340	830	220	≤10
ЖТ-79Л	≥100	240—290	750—920	230	≤15
ЖА	≥95	190—275	≥2000	~4000	1
ЖР	≥100	270—350	820	270	3
ЖД	≥100	35—70	—	—	—
Контактная	≥90	≥240	1500—2000	750—1500	≤3
Смазки морские					
АМС-1	≥90	300—350	60—200	≤1000	5—6
АМС-3	≥100	200—250	450—1200	≤2000	1—5
МС-70	≥80	220—260	400—800	120—230	≤10
МУС-3А	≥70	220—260	600	160—190	6—7
МЗ	≥100	230—240	580—680	200—300	≤8
Смазки авиационные					
Эра	≥180	310—370	200—400	115	25—35
ВНИИ НП-254	≥165	310—340	300—400	50—180	20—25
ВНИИ НП-261	≥250	265—295	240—420	70—140	2—5
ВНИИ НП-281	≥200	310	330	90	≤15
Свиноль-01	≥170	290—320	230	120	20—24
Свиноль-02	≥150	430	225	110	≤15
СТ (НК-50)	≥200	170—225	700—1200	≤1000	≤7
№ 9	≥92	≤330	≥250	50—150	≤15

Товарное наименование	Температура капле-падения, °С	Пenetрация при 25 °С, 10 ⁻⁴ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 с ⁻¹ , Па·с	Коллоидная стабильность, %
Смазки индустриальные					
Униол-2	≥205	330—380	410	≤110	≤12
ИП-1	≥85	280—310	250—450	≤250	5—10
ЛКС-2	≥200	265—295	≥300	≤180	≤12
ЛКС-металлургическая	≥200	250—350	≥300	≤280	≤15
КБС	≥140	190—250	≥400	≤350	≤15
ЛС-1П	≥185	310—340	≥100	40—100	≤25
Старт	≥180	300—320	180—200	35—80	≤15
Сиол	—	310—340	≥200	≤150	≤18
ВНИИ НП-273	—	210	300—600	275	≤6
Ротационная ИР	≥95	275—350	50—170	150—300	4—10
Смазки буровые					
Долотол Н	≥185	250—310	≥600	≤1000	≤10
Долотол АУ	≥235	320—370	≥120	≤1100	≤12
Долотол НУ	≥140	250—310	≥300	680	≤10
Геол-1	≥100	265—300	≥100	≤1500	≤10
Смазки электроконтактные					
Паста 164-39	—	310	200—450	125—140 (+20 °С)	≤4
ВНИИ НП-248	—	—	80—250	—	≤8
ВНИИ НП-502	—	275	350—470	85—100 (+20 °С)	≤7
Электра-1	—	355—385	≥70	30 (+20 °С)	45
Консервационные (защитные) смазки*					
Смазки общего назначения					
Пушечная (ПВК)	≥60	—	1000—2500	1500—4000	1—4
ВНИИСТ-2	≥25	—	—	—	—
ВТВ-1	≥54	—	≥1000	100—150	4—5
ВТВ-1 в аэрозольной упаковке	—	—	—	—	—
ПП 95/5	≥57	—	≥2000	≈10 000 (10 °С)	0,9—1,1
АК	≥60	—	470	525	2,8
ЗЭС	≥105	—	150—500	1200—2000	3—4
Смазки канатные и пропиточные составы					
ПН	≥60	25—55	—	20—40	≤1,7
БВН-1	—	—	0	—	—
Уплотнительно-резьбовые смазки					
Канатная 39у	65—75	—	—	2000	—
БОЗ-1	60—75	—	—	≥4000	—
Торсил-35Б	65—80	350—360	—	800—1400	≤3
Торсил-35Э	≥65	—	—	—	—
Торсил-55	60—80	350	—	200—260	—
Ваерол	70	—	—	—	—
Ваерол-Э	52—53	—	—	—	—
ВНИИ НП-265	70	—	—	—	—
ВНИИ НП-278	≥60	—	—	—	—
КФ-10	80—100	40—70 (нплой)	—	—	—
КФ-10Э	—	—	—	—	—
Е-1	40—55	340—360	—	800	—
Е-9	≥50	340—360	—	370—425	—
Е-86	45—55	340—360	—	—	—
Уплотнительно-резьбовые смазки					
Р-2	80—105	280—400	60—400	60—150	2—6
Р-113	≥125	270—330	450—500	230—350	≤8
Р-402	≥130	270—330	60—150	75—180	≤8
Р-416	≥130	130—180	800—1200	500—1000	≤8
ВНИИ НП-263	—	300	160	50—150	≤18
ВНИИ НП-291	≥200	100	—	—	0,7
ВНИИ НП-292	≥215	100	—	—	0,7
ВНИИ НП-300	≥60	120	—	—	—
Вакуумная	≥50	235	1600	≤5000	—
Замазка вакуумная	240	≥70	≥1000	1000	—
Замазка ЗЗК-3у	≥115	40—80	≥2000	—	—
ЛЗ-162	≥149	150—200	930	430	≤6
Бензиноупорная	≥55	30—80	≥2500	—	1,2
Для газовых кранов	≥60	35—70	≥1000	—	1,3—2,8
Насосная	≥140	300—350	150	1300	—
Арматол-238	≥160	300—360	≥150	150	≤15

* В качестве консервационных смазок общего назначения применяют также авиационный (ГОСТ 380156—79), медицинский (ГОСТ 3542—62), ветеринарный (ГОСТ 13037—67) и конденсаторный (ГОСТ 5774—76).

МАСЛОРАСТВОРИМЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ И КОНСЕРВАЦИОННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Трение, коррозия и общий износ наносят огромный ущерб народному хозяйству — до 10% совокупного национального продукта развитых стран. В настоящее время коррозия и коррозионно-механический износ рассматриваются как составная часть общего износа металлических изделий. Доля потерь от коррозии и коррозионно-механического износа составляет от 25 до 50% общих убытков от износа, причем наибольшие потери приходятся на двигатели внутреннего сгорания (20—25%) и на внутреннюю и наружную коррозию транспортных средств (20—25%). В результате коррозии и износа раньше времени выбраковывают большое число автомобилей, комбайнов и другой техники в сельском хозяйстве на сумму несколько миллиардов рублей в год. В связи с этим в СССР и за рубежом производство противокоррозионных и защитных присадок (ингибиторов коррозии), а также ингибированных нефтепродуктов растет.

Различают *коррозионные свойства* нефтепродуктов, связанные в основном с химическими процессами и зависящие от способности самих нефтепродуктов вызывать или предотвращать химическо-электрохимическую коррозию металла, и *защитные свойства*, т.е. способность продуктов предохранять металл от электрохимической коррозии в присутствии электролита. Соответственно различают противокоррозионные присадки, уменьшающие химическо-электрохимическую коррозию и, прежде всего, цветных металлов при высоких температурах, и маслорастворимые ингибиторы коррозии (МИК), улучшающие защитные свойства нефтепродуктов.

Все нефтепродукты по способности защищать металлические изделия от коррозии условно подразделяют на четыре группы:

1) рабочие масла, предназначенные для эксплуатации двигателей, машин и механизмов и не способные длительное время защищать их от коррозии;

2) консервационные масла (например, масла НГ-203Р, Кормин, К-17), предназначенные для наружной и внутренней консервации металлических изделий на время хранения или транспортирования в различных условиях и не пригодные для их эксплуатации;

3) консервационно-рабочие масла (масла с присадками АКОР-1, КП), предназначенные для той же цели, что и консервационные, и для однократного использования при введении машины в эксплуатацию (до первой смены топлива или масла);

4) рабоче-консервационные нефтепродукты (масла МС-8рк, КРМ, М-4з/8Грк, ТМ-5-12рк), содержащие противокоррозионные присадки и маслорастворимые ингибиторы коррозии, предназначенные для хранения, транспортирования, периодической и постоянной эксплуатации техники.

В состав всех групп нефтепродуктов входят маслорастворимые ингибиторы коррозии. Применение ингибированных смазочных материалов для различных видов техники, условий ее хранения, эксплуатации и транспортирования регламентируется нормативно-технической документацией, а также специальными стандартами. Общие требования к консервации металлических изделий в промышленности изложены в ГОСТ 9.014—78 ЕСЗКС, в сельском хозяйстве — ГОСТ 7751—85, при межоперационной защите полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц — ГОСТ 9.028—80 с изм. № 1 от 1984 г. ЕСЗКС.

МАСЛОРАСТВОРИМЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ

Основными компонентами защитных нефтепродуктов являются маслорастворимые ингибиторы коррозии. Это — химические соединения или их смеси, которые при малых концентрациях способны предотвращать либо снижать скорость электрохимической коррозии металла в системе электролит — нефтепродукт — металл. Ингибиторы коррозии являются поверхностно-активными веществами; их подразделяют на водорастворимые, водомасло-растворимые и маслорастворимые соединения. Существует взаимосвязь между химическим строением ПАВ-ингибитора коррозии, поверхностной активностью на границе с воздухом, водой и металлом с их защитной эффективностью (рис. 75). Общие закономерности поверхностной активности и мицеллообразования маслорастворимых ингибиторов анионо- и катионоактивного типов в углеводородных средах являются, в известной мере, «зеркальным» отображением соответствующих закономерностей для водорастворимых ПАВ в полярных средах. С увеличением молекулярной массы маслорастворимых ПАВ, уменьшением их гидрофильно-лиофильного (олеофильно-гидрофильного) баланса, уменьшается полярность, возрастает энергия связи со средой, убывает поверхностная активность и критическая концентрация мицеллообразования, при этом защитные свойства ухудшаются (см. рис. 75).

На основании изучения объемных и поверхностных свойств маслорастворимых ингибиторов коррозии предложено разделить их на ингибиторы хемосорбционного и адсорбционного (экранирующего) действия. В свою очередь ингибиторы коррозии хемосорбционного действия подразделяют на ингибиторы анодного действия (доноры электронов) и ингибиторы катодного действия (акцепторы электронов). Ингибиторы-доноры электронов

(сульфированные и нитрованные масла и др.) содержат группы с сильным отрицательным суммарным электронным эффектом (NO_2 , CO , SO_3H). Ингибиторы-акцепторы электронов (амины, имидазолины, алкенилсукцинимиды и др.) содержат группы с положительным суммарным электронным эффектом (NH_2 , NH , OH).

К ингибиторам адсорбционного действия относятся, например, окисленный петролатум, жирные кислоты, сложные эфиры. Многие ПАВ адсорбционного типа являются одновременно быстродействующими и водовытесняющими компонентами, что обеспечивает быстрое и качественное удаление воды с поверхности металла за счет образования водородных связей, солюбилизации или эмульгирования.

Теоретические основы получения комбинированных защитных присадок заключаются в сочетании в комплексной присадке (пакете) следующих функциональных маслорастворимых ПАВ:

ингибиторов коррозии хемосорбционного типа;

ингибиторов коррозии адсорбционного типа, водовытесняющих и быстродействующих ПАВ, ингибирующих водную фазу — электролит;

противоокислительных и противокоррозионных присадок.

Составляют смеси присадок разного типа, обладающие синергическим эффектом, с использованием диаграмм аддитивных свойств двойных, тройных и более сложных систем. Типичная диаграмма функциональных свойств двойных систем представ-

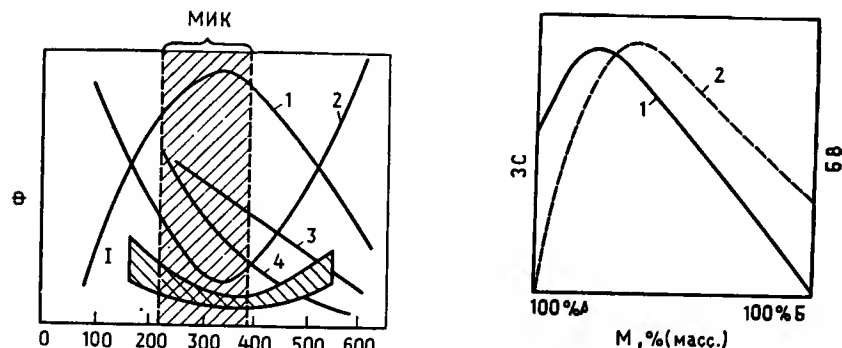


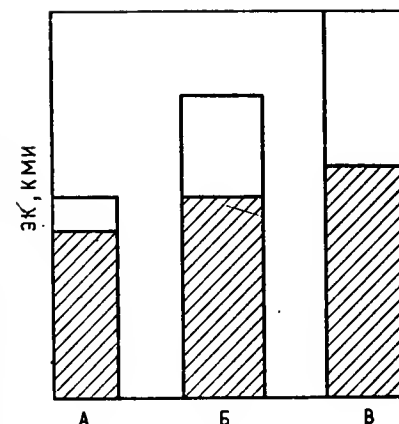
Рис. 75. Зависимость уровня функциональных свойств Φ ионогенных маслорастворимых ПАВ от молекулярной массы M :

1 — поверхностное натяжение на границе с водой; 2 — энергия связи со средой; 3 — диэлектрическая проницаемость; 4 — защитные свойства; I — область критической концентрации мицеллообразования

Рис. 76. Зависимость уровня защитных свойств ЗС (1), быстродействия и водовытеснения БВ (2) от содержания M компонентов в синергических смесях: А — ингибиторы хемосорбционного типа; Б — быстродействующие и водовытесняющие компоненты

Рис. 77. Сравнительная характеристика защитной эффективности комбинированных маслорастворимых ингибиторов коррозии:

Эк — относительная эффективность снижения электрохимической коррозии композициями защитных присадок (защитно-химическая часть); КМИ — относительная эффективность снижения коррозионно-механического износа композициями защитных присадок; А, Б, В — присадки первого, второго и третьего поколений



лена на рис. 76. По такому принципу были получены защитные присадки к маслам второго поколения (НГ-110Т, НГ-110М). Комбинированные ингибиторы коррозии первого поколения (АКОР-1, КП) обладают недостаточной защитной эффективностью и их добавляют в масла в количестве 10—20% (масс.). Композиции присадок — ингибиторов коррозии (пакеты) второго поколения более эффективны и обеспечивают защиту двигателей при трении (в зависимости от условий от трех до 15 лет) при концентрации в масле 3—5% (масс.). Эти присадки снижают отдельные виды коррозионного и коррозионно-механического износа (рис. 77). Однако они недостаточно эффективны в условиях усталостного износа, коррозионного растрескивания, фреттинг-коррозии, слабо снижают водородный износ.

Композиции и составы присадок и ингибиторов коррозии третьего поколения содержат, помимо ранее известных функциональных ПАВ, антифрикционные присадки или защитно-антифрикционные присадки, в состав которых входят легирующие металлы. Эти композиции обладают такой же защитной эффективностью от электрохимической коррозии в стационарных условиях при концентрации в масле 3—5% (масс.), как и комбинированные ингибиторы коррозии второго поколения, но уменьшают все виды коррозионного и коррозионно-механического износа (см. рис. 77). Такие присадки эффективны и в статических и в динамических условиях усталостного и коррозионно-механического износа. Во всех случаях они воздействуют на химическо-электрохимическую составляющую общего износа машин и механизмов, обеспечивают маслам повышенные противозадирные, противозадирные и антифрикционные свойства. Теоретические принципы разработки композиций третьего поколения используют и при создании современных защитных водовытесняющих и пленкообразующих нефтяных составов для снижения общего износа машин и механизмов.

В промышленном масштабе вырабатывают ингибиторы коррозии первого поколения, физико-химические характеристики

Таблица 7.1. Характеристики ингибиторов коррозии*

Показатель	АКОР-1	КП	КП-2
Внешний вид	Маслянистая жидкость, прозрачная в тонком слое	[Вязкая жидкость]	
Цвет	От темно-коричневого до черного	[Темно-коричневый]	
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	≤65,0	16,0—25,0	40—80
Зольность, %:			
сульфатная	—	8,5—10,5	≥9
несульфатная	3,6—5,0	—	—
Содержание, %:			
воды	Отсутствие	Следы	
механических примесей, не более	0,08	0,10	0,15
Щелочное число, кг КОН/г, не менее	38,0	65,0	65
Кислотное число, мг КОН/г	—	≤1,0	≤5,0
pH, не менее	—	2,8	2,0
Температура, °С:			
застывания, не выше	—	—16	—10
вспышки, не ниже	200	165	—
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	3000	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	—
Защитные свойства	Выдерживает		

* Данные в квадратных скобках в технической документации не нормируются.

** Испытывали 3,5% присадки в масле МС-8.

которых приведены в табл. 7.1, а в табл. 7.2 (стр. 328) представлены защитные свойства этих продуктов (ГОСТ 9.054—75).

АКОР-1 (ГОСТ 15171—78) изготавливается на основе нитрованных базовых масел марок М-8 или М-11 с добавлением при зашлакачивании $10 \pm 1\%$ технического стеарина. Вводят в смазочные масла для улучшения защитных свойств. Применяют и как самостоятельный продукт для консервации изделий.

КП (ГОСТ 23639—79) — многокомпонентная присадка, обладающая антикоррозионными, моющими, антиокислительными и защитными свойствами. Применяют для получения консервационных масел.

КП-2 (ТУ 38 1019—80) — состоит из присадок, обеспечивающих защитные, моющие, антиокислительные и противозадисные свойства масел. Используют для получения консервационных индустриальных масел.

В 15/41 (ТУ 6-14-866—77) — кислый эфир алкенилэтантарной кислоты.

В 15/41	АЯА	СИМ	ВСП	ВНИИП-380
Прозрачная подвижная при 60 °С масса	Вязкая жидкость			Маслянистая жидкость
Коричневый	От светло-темно-коричневого		Темно-коричневый	От темно-желтого до темно-коричневого
—	≤500	≤450	400—1500	8—18
—	—	≤0,10	—	≥6,5
—	—	—	—	—
—	≤0,10	—	Следы	—
0,015	0,10	0,10	0,10	0,15
—	—	—	—	22
165—205	≥60	≤6,5	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	180	180	160	—
—	450	450	—	—
—	3,0**	3,5**	—	—
—	Выдерживает			

Присадку добавляют к маслам, работающим во влажной среде, для предотвращения коррозии.

АЯА (ТУ 38 1011038—85) — алкенилэтантарный ангидрид предназначен для получения ингибиторов коррозии СИМ и АЛОП, а также для приготовления рабоче-консервационных масел различного назначения.

СИМ (ТУ 38 1011039—85) — сукцинимид мочевины предназначен для приготовления рабоче-консервационных масел и комбинированных ингибиторов коррозии для масел различного назначения.

ВСП (ТУ 38 101811—83) представляет собой 40—50%-й концентрат продукта взаимодействия алкилсукцинимидов диэтилентриамина с гетероциклическим соединением в масле И-12А или И-20А. Используют в гидравлических маслах в концентрации нескольких десятых долей процента.

ВНИИП-380 (ТУ 38 101607—76) — ингибитор коррозии, является компонентом рабоче-консервационной присадки КП.

КОНСЕРВАЦИОННЫЕ И РАБОЧЕ-КОНСЕРВАЦИОННЫЕ МАСЛА

Консервационные, а позднее консервационно-рабочие и рабочие-консервационные масла полностью вытеснили пластичные смазки из сферы внутренней консервации двигателей машин и механизмов. Преимущества применения этих смазочных материалов для внутренней защиты металлических изделий взамен плотных смазок и рабочих масел следующие: снижение коррозионно-механического износа машин и механизмов, продление срока их службы и повышения надежности (безотказности в работе), снижение затрат и относительной стоимости консервации и расконсервации техники (в 3—5 раз по сравнению с рабочими маслами и в 6—10 раз по сравнению с плотными смазками).

Выделяют две основные области применения консервационных, консервационно-рабочих и рабоче-консервационных масел: 1) непосредственно на металлообрабатывающих, машиностроительных и других заводах-изготовителях в процессе изготовления техники для межоперационной защиты деталей и узлов

Таблица 7.2. Защитные свойства ингибиторов коррозии и консервационных масел

Продукт	Условия испытания (ГОСТ 9.054—75)					
	повышенные температура и влажность, сут			постоянное погружение в электролит, сут		воздействие НВг 4 ч. % коррозионного поражения поверхности
	Ст. 10	Ст. 45	СЧ-20	Ст. 10	СЧ-20	
Ингибиторы коррозии*:						
АКОР-1	>3	—	—	1	—	65
КП	3	—	—	>1	—	0,5
В 15/41	2	—	—	1	—	—
АЯА	—	—	—	1	—	0
СИМ	3	—	—	1	—	5—10
Консервационные масла:						
К-17	—	50	40	>60**	35	0
НГ-203А	75	—	11	90	17	Не определяют
НГ-203Б	26	—	11	20	17	
ВО	—	4	—	—	—	40
РЖ	—	4	—	6	—	15
Кормин	75	—	75	105	91	Не определяют
Рабоче-консервационные масла:						
КРМ	20	—	—	10	—	0
МС-8рк	3	—	—	1	—	10

* Все присадки, кроме В 15/41, испытывали в количестве 5% (масс.) в масле М-6; В 15/41 — 1% (масс.) в масле Т-46 (из бакинских нефтей).

** Ст. 45.

и консервации изделия в сборе на период его транспортирования и хранения; 2) при хранении, периодической и постоянной эксплуатации техники.

Консервационные масла

Консервационные (К-17, НГ-203А, Б, Кормин), а также консервационно-рабочие масла с присадками АКОР-1 и КП широко применяют на заводах различных отраслей промышленности — автомобильной, тракторной, инструментальной, станкостроительной, судостроительной, авиационной, подшипниковой, сельскохозяйственного машиностроения для межоперационной защиты и консервации готовых изделий. В первом случае защитные масла наносят на изделия методом окунания или пульверизации. Готовые изделия (двигатели, компрессоры, редукторы и т.п.) консервируют, заливая защитное масло в картер с последующей кратковременной работой двигателя или механизма на холостом ходу (в течение 15—20 мин). Аналогично консервируют двигатели, установленные на автотракторной и другой технике у потребителей. После кратковременной работы двигателя на холостом ходу защитное масло должно присутствовать на всей поверхности зеркала цилиндров и других деталях, не подвергающихся смазыванию в процессе работы. После этого консервационные и консервационно-рабочие масла, как правило, сливают. Консервационно-рабочие масла могут быть оставлены в картере на период хранения, и на них разрешена эксплуатация автотракторной техники. Эксплуатировать, даже кратковременно, технику на консервационных маслах запрещается.

Для получения консервационно-рабочих масел присадки АКОР-1 и КП при 80—90 °С на местах потребления смешивают с соответствующими маслами до образования однородной смеси. Обычно в моторные масла для двигателей внутреннего сгорания, в компрессорные и трансмиссионные масла вводят 10% присадки АКОР-1 или 20% присадки КП; в гидравлические и некоторые гидравлические масла присадку АКОР-1 вводят в концентрации 3—5%. В табл. 7.3 приведена характеристика консервационных масел, вырабатываемых промышленностью в настоящее время. Ниже дано краткое описание этих масел и некоторые рекомендации по их использованию.

К-17 (ГОСТ 10877—76) изготавливают из смеси авиационного МС-20 и трансформаторного Т-1500 масел с добавлением петролатума окисленного, каучука СКБ-45, сульфонатной присадки ПМСя, присадки ЦИАТИМ-339, дифениламина. Применяют для долговременной (пять и более лет) консервации изделий, в том числе запасных частей из черных и цветных металлов, хранящихся без непосредственного воздействия климатических факторов. Двигатели внутреннего сгорания консервируют

Таблица 7.3. Характеристики консервационных и рабоче-консервационных

Показатель	К-17	НГ-203А	НГ-303Б
Внешний вид	Вязкая масляни- стая жидкость	Маслянистая жидкость	
Цвет	Темно-коричневый		
Вязкость кинематическая, мм ² /с:			
при 100 °С	15,5	25—50	10—15
при 50 °С	≥21,0	—	—
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	—	180	170
застывания, не выше	—22	—	—
Содержание, %:			
зола	1,35—2,40	≥3,0	≥2,0
воды		Отсутствие	
механических примесей, не более	0,07	0,04	0,02
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	—	4,0	2,0
Плотность при 20 °С, кг/м ³	—	≤910—930	≤900—920
Кислотное число, мг КОН/г	—	—	—

* В мг NaOH/г.

** Сульфатная зольность.

Примечания. Нормируются также: для К-17 — содержание свободных органических кислот <0,5 мг КОН/г, свободных щелочей в пересчете на NaOH <0,05%; для Кормин — щелочное число, >5 мг КОН/г, температура стекания не ниже 40 °С.

ют без разборки: сливают штатное масло, прокачивают маслом К-17, излишки масла удаляют. Для ввода двигателя в эксплуатацию достаточно залить его штатным маслом. При консервации должна быть обеспечена циркуляция масла у консервируемой поверхности. Это достигается прокачкой масла через внутренние полости, многократным окунанием детали в ванну с маслом или растиранием масла кистью по поверхности детали. При консервации двигателей внутреннего сгорания, имеющих масляные фильтры (особенно центробежные), их нужно отключить и обеспечить прокачку масла через масляную систему, минуя эти фильтры. Масло К-17 можно использовать как присадку к высокосернистым газотурбинным топливам (0,002% на топливо). При этом значительно снижается коррозия топливной аппаратуры двигателей и повышается межремонтный период их работы.

Кормин (ТУ 38 1011159—88) применяют для защиты от атмосферной коррозии наружных поверхностей сельскохозяйствен-

масел

ВО	РЖ	Кормин	КРМ	МС-8рк
Густая, вязкая, маслянистая жидкость	Маловязкая, маслянистая жидкость	Однородная маслянистая прозрачная в тонком слое жидкость	Маловязкая, маслянистая жидкость	Прозрачная жидкость
От светло- до темно-коричневого	Темно-коричневый	От коричневого до черного	Светло-коричневый	От желтого до светло-коричневого
≥9,0 ≥64,0	— ≥6,0	12—25 —	— ≥8,0	— ≥8,0
—	—	160	100	—
—	—60	—	—55	—55
—	—	—	0,05**	0,015
0,05	0,05	Отсутствие 0,1	—	Отсутствие
—	—	5	—	Отсутствие
—	—	—	≤870	≤900
≤0,35	0,3—0,7	—	—	≤0,7

ческих кислот <0,5 мг КОН/г, свободных щелочей в пересчете на NaOH <0,05%; для

ных машин и запасных частей к ним, а также изделий станко-инструментальной и машиностроительной промышленности из черных, цветных металлов и их сплавов в условиях эксплуатации и хранения. На защищаемую поверхность состав наносят кистью или окунанием при температуре 80—100 °С. Изделие с защитной пленкой состава Кормин может храниться при непосредственном воздействии атмосферных осадков в течение года. Выпускают вместо консервационных масел НГ-204у (ГОСТ 18974—73) и НГ-208 (ТУ 38 101187—71), производство которых прекращено.

НГ-203 (ГОСТ 12328—77) выпускают двух марок: НГ-203А — масляный раствор сульфоната кальция и окисленного петролата и НГ-203Б — смесь НГ-203А и трансформаторного масла. Применяют для консервации изделий из черных и цветных металлов. При консервации сборных узлов, детали которых изготовлены из черных и цветных металлов, защитная способность продуктов НГ-203 несколько снижается.

Разработано универсальное консервационное масло НГ-203Р (перспективная марка), которое обладает лучшей защитной эффективностью по сравнению с маслами НГ-203А и Б, К-17; эффективно также в качестве защитной присадки к дизельным топливам для судовых двигателей (0,01% на топливо).

ВО (ГОСТ 3045—51) — смазка ружейная состоит из масла цилиндрового 11, церезина и гидроксида натрия. Используют для кратковременной защиты металлических поверхностей от коррозии и как рабочую смазку для ненагруженных узлов, временно работающих при температуре выше 5 °С. Применение при более низких температурах затруднено из-за высокой вязкости смазок.

РЖ (ГОСТ 9811—61) — смазка ружейная жидкая состоит из масла индустриального 20А или 20В, топлива Т-1, винипола ВВ и присадки. Используют для тех же целей, что и смазку ВО, а в условиях эксплуатации — как рабочую смазку при температурах до —50 °С и для очистки поверхностей от нагара.

Рабоче-консервационные масла

Современные моторные и трансмиссионные масла по уровню функциональных свойств удовлетворяют требованиям нормальной эксплуатации соответствующих машин и механизмов, способны уменьшать отдельные виды износа. Например, моторные масла группы Г₁ и Г₂, содержащие моющие присадки до 5—8%, без введения в них ингибиторов коррозии обладают определенным уровнем защитных свойств и способны защищать двигатели внутреннего сгорания при периодической эксплуатации и хранении до 1,5 лет. При более длительных сроках хранения в масле необходимо вводить специальные ингибиторы коррозии, т. е. создавать рабоче-консервационные масла, обеспечивающие защиту от коррозии и коррозионно-механического износа до 10—15 лет.

В табл. 7.4 приведены свойства моторных масел (вязкостью 6—8 мм²/с при 100 °С) для автотракторной техники. Как видно, рабоче-консервационные масла по сравнению с рабочими и чисто консервационными маслами характеризуются меньшей адгезионно-когезионной силой, лучшей проникающей способностью в микроразоры между металлическими поверхностями, большим диаметром растекания капли масла по сухому металлу. Вместе с тем все масла с присадками хуже пропитывают порошок триоксида железа, чем базовые масла без присадок. Пленки рабоче-консервационных масел по сравнению с рабочими маслами должны обладать значительно большими адсорбционно-хемосорбционными свойствами. Этим определяются не только их высокая защитная эффективность в тонкой пленке, но и другие поверхностные свойства: противокоррозионные, смазывающие, противозадирные и противозадирные, что достигается

Таблица 7.4. Свойства моторных масел для автотракторной техники

Показатель	Базовое без присадок М	Рабочее с композицией присадок М-Р ₂	Рабоче-консервационное М-РК ₂	Консервационное М-К
I. Поверхностные свойства на границе раздела «масло — металл»				
Адгезионно-когезионные силы, 10 ⁻² МПа	28,8	24,2	22,5	32,8
Высота поднятия по микроразору «сталь — сталь», мм	50	35	45	32
Диаметр растекания капли (Ст. 10, 30 мин), мм	30	35	45	20
Пропитка порошка Fe ₂ O ₃ , высота пропитанного столбика за 15 мин, мм	25	5	5	2
II. Поверхностные свойства на границе раздела «металл — электролит — масло»				
Водовытесняющая способность (шлифованный стальной диск, дистиллированная вода), мм:				
d ₁	70	70	95	100
d ₂	30	65	95	100
d ₃	0	30	95	100
Вытеснение раствора NaCl (Ст. 10):				
диаметр освобожденной от воды поверхности, мм	35	35	40	40
поражение поверхности коррозией под пленкой продукта, %	20	15	0,1	0,1
Вытеснение НВг, % пораженной поверхности	40	6	0	0
III. Адсорбционно-хемосорбционные свойства пленки				
ОПС — ООС:				
общее сопротивление пленки продукта, Ом	1190	1470	2580	5000
ОПС, %	35,5	63,0	76	88
ООС, %	64,6	48,5	88	97
Δ КРП, мВ	+30	+120	+140	+160
Эффект последствия:				
время до начала коррозии (48 ч при 80 °С, Ст. 10, удаление пленки растворителями, термовлагокамера), мин	5	10	60	60
Δ КРП, мВ	+28	+290	+100	+100
Гарантийные сроки защиты, годы, в условиях:				
жесткие	<0,1	0,4	3—5	5
особо тяжелые	—	<0,1	0,5—1	3

сочетанием соответствующих ПАВ (присадок и ингибиторов коррозии). Поэтому способность рабоче-консервационных масел снижать коррозионно-механический износ значительно выше, чем рабочих масел даже высшего качества.

К таким маслам относится единое для карбюраторных и дизельных двигателей всесезонное масло **М-4з/8Грк** (перспективная марка) на полусинтетической основе. Масло содержит загущающие, детергентно-диспергирующие, противокоррозионные, противоокислительные, противоизносные, противопиттинговые и другие присадки, а также комбинированный маслорастворимый ингибитор коррозии. Масло имеет следующую вязкостно-температурную характеристику: $\nu_{100} \approx 8 \text{ мм}^2/\text{с}$, $\nu_{-30} \leq 8000 \text{ мПа/с}$, $t_{\text{заст}} \leq -40^\circ\text{C}$, что обеспечивает устойчивый запуск и работу карбюраторов и дизелей на автомобилях ЗИЛ, КамАЗ, КрАЗ при температурах от плюс 38 до минус 43 °C в различных, в том числе северных районах страны. При этом экономия топлива достигает 4—5%.

Наличие в масле правильно подобранной композиции маслорастворимых ПАВ поверхностного действия обеспечивает защиту двигателей от износа при трении, усталостного и электрохимического питтинга, фреттинг-коррозии, растрескивания и других видов износа. Обладая удовлетворительными противокоррозионными свойствами по отношению к цветным металлам (меди, свинцу, бронзе и др.), масло характеризуется очень хорошими защитными свойствами применительно ко всем видам электрохимических повреждений и превосходит в этом отношении масла с 10—20% присадок АКОР-1 или КП.

Масло М-8Ги (ТУ 38 101148—75) обладает весьма высокими показателями и предназначено для обкатки и первой заправки автомобилей семейства «Жигули». Применение масла возможно при постоянной и периодической эксплуатации, а также при хранении автомобилей.

ТМ-5-12рк (ТУ 38 101844—80) — единое всесезонное трансмиссионное масло автомобилей различных типов. Обладает высокими функциональными и защитными свойствами, может заменить 16—18 сортов трансмиссионных масел.

КРМ (ОСТ 38 01391—85, см. табл. 7.2 и 7.3) предназначено для эксплуатации и консервации стрелкового оружия при температурах окружающего воздуха —50... +50 °C. Является всесезонным, более эффективным защитным рабоче-консервационным маслом, чем смазки РЖ и ВО, и применяется взамен этих смазок.

МС-8рк (ОСТ 38 01387—85) — масло авиационное рабоче-консервационное (см. табл. 7.2 и 7.3) предназначено для эксплуатации и консервации авиационных газотурбинных двигателей. Обладает высоким уровнем эксплуатационных и консервационных свойств. Обеспечивает сохранность техники при дли-

тельном хранении без проведения работ по переконсервации и надежную эксплуатацию авиационных газотурбинных двигателей в условиях увеличенного в два раза срока замены масла по сравнению со штатными маслами.

ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ ИНГИБИРОВАННЫЕ НЕФТЯНЫЕ СОСТАВЫ

Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНС) образуют на металле так называемые смываемые защитные покрытия, т. е. покрытия, удаляемые нефтяными растворителями. По способу нанесения различают четыре вида ПИНС: С — нанесение из горючих органических растворителей, Т — нанесение из негорючих хлор- или фторорганических растворителей, *d* — нанесение в виде коллоидных водных растворов или эмульсий, *h* — использование в виде аэрозолей.

По областям применения ПИНС подразделяют на следующие группы.

Группа Д-1. Продукты этой группы предназначены для длительной наружной консервации металлических изделий, хранящихся на открытых площадках, для защиты стационарных крупногабаритных металлических конструкций, автотракторной, сельскохозяйственной и общей техники, трубопроводов, оборудования заводов и пр. Продукты с индексом «шасси» предназначены для дополнительной защиты подкузовной части легковых автомобилей на заводах-изготовителях, на станциях технического обслуживания автомобилей, находящихся в индивидуальном пользовании, а также для защиты наружных поверхностей грузовых автомобилей, днищ автобусов, сельскохозяйственной техники, строительных и дорожных машин и т. д.

К продуктам группы Д-1 относятся НГ-216А, НГ-222А (Д-1-С), Антикоррозин, МОПЛ-3 (Д-1-С-шасси). Они образуют на металле твердые или полутвердые пленки значительной толщины (до 500 мкм), обладающие высокими защитными свойствами и хорошей абразиво- и атмосферостойкостью.

Группа Д-2. Эти продукты имеют более широкую область применения, чем составы группы Д-1. Их широко используют при хранении, транспортировании, периодической и постоянной эксплуатации практически всех видов металлических изделий. Продукты этой группы — НГ-216Б, НГ-222Б, Ингибит-С, Кабинор; они образуют на металле более тонкие пленки (20—100 мкм), чем продукты группы Д-1.

ПИНС групп Д-1 и Д-2 часто содержат одинаковую композицию активного вещества и различаются только содержанием, а иногда и типом растворителя, например продукты НГ-216А, НГ-222А (Д-1-С) и НГ-216Б, НГ-222Б (Д-2-С). Продукты марки А отличаются меньшим содержанием уайт-спирита.

Группа МЛ-1. Продукты этой группы предназначены для защиты скрытых и труднодоступных внутренних поверхностей металлических изделий, прежде всего скрытых поверхностей автомобильной техники: лонжеронов, порогов, стоек, внутренних поверхностей дверей, фар и т.д. Кроме того, составы группы МЛ-1 применяют для защиты от коррозии труднодоступных поверхностей железнодорожных вагонов, сельскохозяйственной техники, скрытых профилей самолетов, где может скапливаться агрессивный электролит, для борьбы со щелевой коррозией, для защиты резьбовых соединений и сварных швов.

К продуктам группы МЛ-1 относятся Мовиль, НГ-222Б и МОПЛ-2; на металле они образуют мягкую пленку толщиной 20—50 мкм.

Группа МЛ-2. Назначение продуктов этой группы аналогично продуктам групп МЛ-1. Но составы группы МЛ-2 имеют повышенную текучесть и более высокую температуру каплепадения. Продукты группы МЛ-2 — НГМ-МЛ, Оремин, Мольвин-МЛ — используют на автомобилестроительных заводах (АвтоВАЗ, АЗЛК, ГАЗ и др.) для защиты скрытых поверхностей кузова автомобиля на конвейере.

Группа «З». Эти продукты предназначены для защиты запасных частей, полуфабрикатов при межоперационном хранении металлического листа, проката, инструмента. Они образуют на металле мягкие констентные или полужидкие масляные пленки толщиной 10—40 мкм. В качестве растворителя в составе НГ-216В, применяемого для консервации запасных частей, используют трихлорэтилен («З»-Т). В последние годы большое распространение получили составы этой группы, наносимые из водных сред («З»-д); к ним относятся составы НГ-224 и Аквамин.

В табл. 7.5 приведены рекомендации по защите пленкообразующими ингибированными нефтяными составами различных групп и подгрупп металлических изделий по ГОСТ 9.014—78, а на рис. 78 дана схема применения ПИНС для консервации скрытых поверхностей коробчатого сечения кузова (внутренние панели дверей, лонжероны, стойки, балки и усилители) и днища (собственно днище, внутренние поверхности брызговиков, крыльев) автомобиля. Как видно из представленных данных, те или иные виды ПИНС в настоящее время можно использовать практически для любых металлических изделий.

Механизм действия ПИНС

Широкое применение ПИНС в народном хозяйстве обусловлено рядом их специфических свойств. По сравнению с плотными смазками, наносимыми на защищаемую поверхность слоем 3—5 мм, ПИНС способны защищать металл на длительные сроки

Таблица 7.5. Защита металлических изделий пленкообразующими ингибированными нефтяными составами

Подгруппы изделий по ГОСТ 9.014—78	Характеристика изделий	Наименование изделий	Рекомендуемые ПИНС
<i>I. Изделия простой формы из черных и цветных металлов</i>			
I—1	Мелкие изделия массового производства	Винты, гвозди, заклепки, шпильки, гайки, пружины	НГ-216В, НГ-224, Аквамин
I—2	Изделия с точно обработанной поверхностью	Валы, оси, клапаны, шестерни, поршни	НГ-216Б и В, НГ-222Б, Кабинол
I—3	Изделия с легкодоступными внутренними поверхностями (полости, углубления)	Баки, резервуары, крылья автомобилей, шасси, рамы	НГ-216А и Б, Антикоррозии МОПЛ-3, НГ-222А, Ингибит-С, Кабинол

II. Изделия сложной формы

II—1	Изделия сложной формы с подвижными частями	Двигатели внутреннего сгорания, стайки, компрессоры, турбины	НГ-216Б и В, НГ-222А и Б, Мовиль, Мольвин, МОПЛ-2, Оремин
II—2	Изделия, у которых поверхности, подлежащие консервации, работают в контакте с маслом или другими технологическими жидкостями	Карданные валы, редукторы, масляные фильтры, карбюраторы, насосы	НГ-216В, Мовиль, Мольвин, Оремин
II—4	Изделия с труднодоступными внутренними поверхностями и (или) большими полостями	Холодильные системы, паровые и водные котлы, теплообменники и т. п.	НГ-216А и Б, НГ-222А и Б, МОПЛ-2, Мольвин, Оремин

IV. Изделия простой формы из черных и цветных металлов

IV—1	Изделия с большой плоской поверхностью (прокат)	Листы, ленты (в том числе листовое железо автомобилестроения)	НГ-222А и Б, Мовиль, МОПЛ-5, МОПЛ-2
IV—2	Изделия холоднокатаные, горячекатаные, штампованные, кованые	Прутки, листы, болванки, угольники, профильный прокат	То же
IV—4	Трубы всех видов		

V. Изделия из черных металлов, крупногабаритные, сложной формы

V	Металлоконструкции различных видов	НГ-216А, НГ-222А, Антикоррозии, Ингибит-С, Кабинол, МОПЛ-3
---	------------------------------------	--

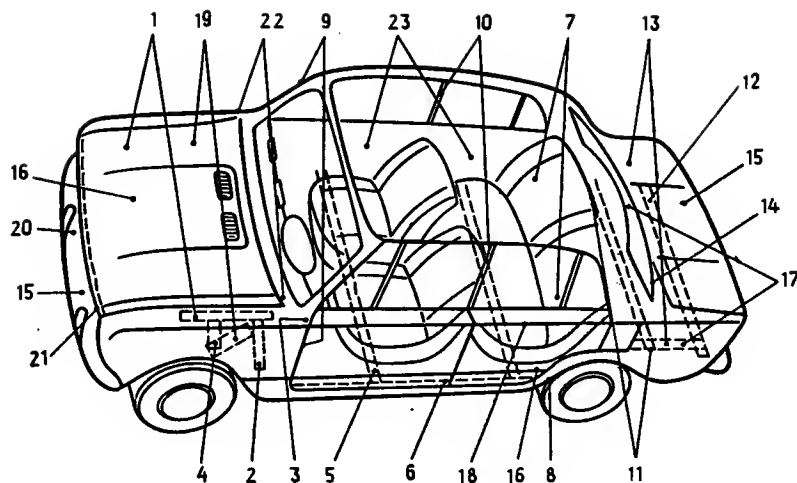


Рис. 78. Схема нанесения защитных составов Мовиль, Мольвин-МЛ, НГМ-МЛ, Оремин при консервации автомобиля семейства «Жигули»:

1 — передние лонжероны; 2, 19, 20 — передние поперечные балки; 3 — передние коробчатые стойки; 4, 18 — поперечные балки; 5 — усиленная балка; 6 — коробчатое сечение порошка; 7 — задние лонжероны; 8 — боковые лонжероны; 9 — передние стойки дверей; 10 — средние стойки; 11 — усилитель подколесного кожуха; 12 — лонжероны в багажнике; 13 — задняя и передняя поперечные балки; 14 — средние усилители; 15 — усилитель крышки багажника; 16 — усилитель капота; 17 — опоры рессор; 21 — гнезда для фар; 22 — место соединения крыла с вентиляционным кожухом; 23 — внутренние панели дверей

при толщине пленки покрытия 20—200 мкм. Как и консервационные масла, ПИНС легко наносятся на металлические изделия кистью, окунанием, пульверизацией, при этом не требуется специального подогрева. Они стойки к воздействию агрессивных сред, повышенной влажности и температуры. Многие ПИНС образуют защитную пленку, стойкую к воздействию абразивных частиц (песка, гравия) и атмосферных осадков (дождя, снега). Температурный интервал применения ПИНС от минус 40 до плюс 70 °С (отдельные марки до 140 °С). ПИНС должны обладать хорошей проникающей способностью, чтобы легко заполнять различные щели и зазоры, стыки деталей, сварные швы, легко и быстро вытеснять с поверхности металла воду и растворы солей и кислот в воде. В то же время они должны хорошо пропитывать ржавчину, чтобы остановить коррозию на тех участках металла, где она уже началась. Пленки составов не должны расплавляться и стекать при положительных температурах летом и не растрескиваться в зимнее время, не разрушаться при вибрациях, не повреждать краску, пластмассовые и резиновые детали машин и механизмов.

Указанные свойства обеспечиваются специальными композициями маслорастворимых ингибиторов коррозии, загустителей

(пленкообразователей), наполнителей и растворителей в составе ПИНС. Отечественный ассортимент ингибиторов коррозии для ПИНС разработан на основе сульфированных или нитрованных масел с добавлением быстродействующих и водовытесняющих компонентов типа алкилоламов жирных кислот, полигликолевых эфиров алкилфенолов и др. В качестве основных загустителей используют битумно-каучуковые, битумно-полимерно-восковые, полимерные, полимерно-восковые и мыльно-восковые композиции с включением наполнителей (бентонит, силикагель, технический углерод, асбест, микрокальцит, пигменты в виде порошков или оксидов металлов). Большое распространение получили ингибированные битумные составы НГ-216Б, МОПД-3, Антикоррозин, Ингибит-С. Не менее распространены ПИНС на мыльно-восковой основе — НГМ-МЛ и Оремин. Широко применяют также мыльно-полимерные загустители НГ-222 и МОПД-2.

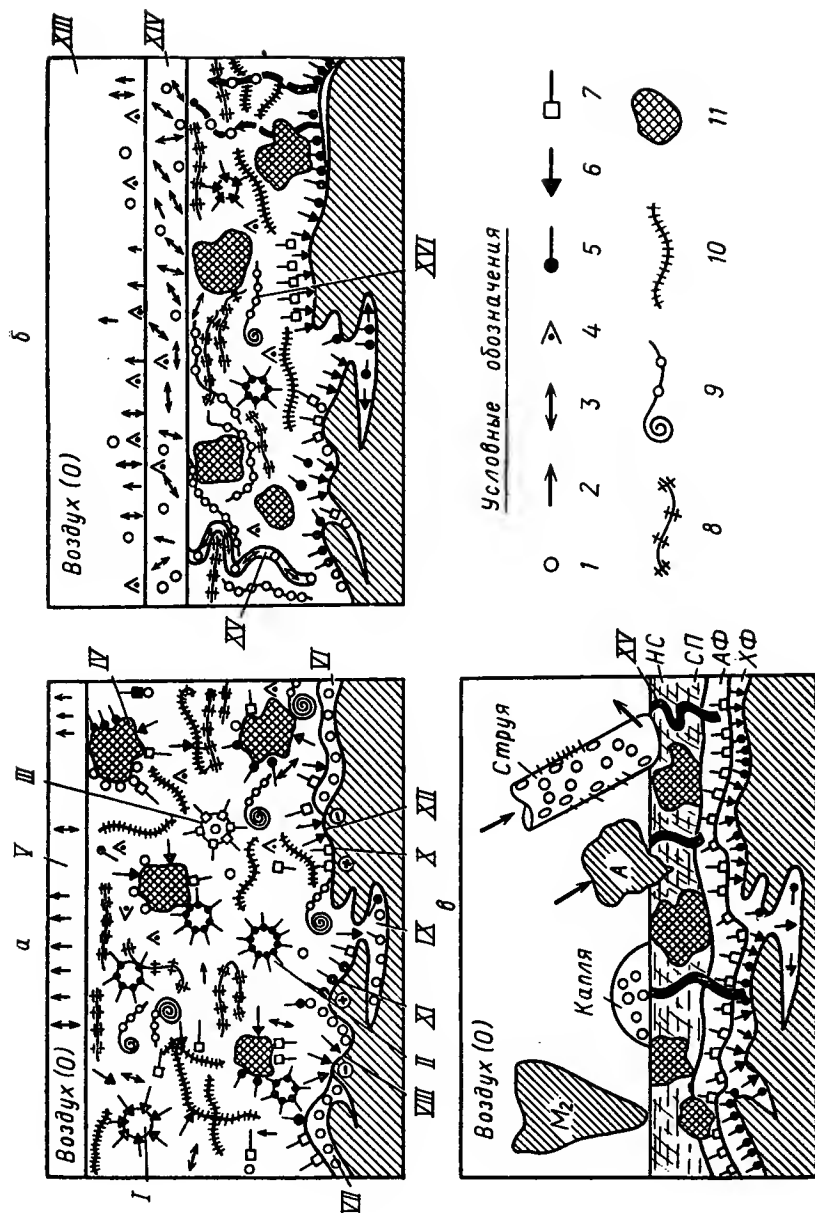
Механизм действия ПИНС определяется:

- 1) физико-химическими свойствами в растворителе, определяемыми компонентами ПИНС и взаимодействиями между этими компонентами;
- 2) процессами и явлениями, происходящими при нанесении составов на металлические поверхности (рис. 79, а): вытеснении пленки адсорбированной воды (электролита) с поверхности металла (при этом важна как быстрота вытеснения воды, т. е. быстродействие, так и полнота ее удаления); смачиванием металла, растекаемостью по металлу, прониканием в микроразоры, микротрещины, пропитыванием продуктов коррозии, прониканием сквозь микропоры лакокрасочных материалов, не разрушая их, и пр.; испарением растворителя и формированием пленки под воздействием сил адгезии и когезии (рис. 79, б); процессами хемосорбции и адсорбции ПАВ на поверхности металла; окончательным формированием пленки покрытия;
- 3) защитным действием сформировавшейся пленки на металле, зависящим от особенностей ее строения, физико-химических, коллоидных и реологических свойств активного вещества (сухого остатка) (рис. 79, в).

Ассортимент ПИНС

Краткие характеристики ПИНС, вырабатываемых отечественной промышленностью, приведены ниже, а в табл. 7.6 и 7.7 указаны физико-химические, технологические и защитные свойства этих продуктов.

НГ-216 (ТУ 38 101427—76) — защитное пленочное покрытие, выпускают трех марок: А, Б и В. Марка А — для защиты от коррозии наружных поверхностей деталей из черных и цветных металлов, которые хранят на открытых площадках и на складах в особо жестких, жестких и средних условиях. Марка Б —



для защиты от коррозии наружных поверхностей из черных и цветных металлов (в том числе подкузовной части и группы мотора автомобилей), а также для хранения запасных частей в жестких и средних условиях. *Марка В* — для консервации запасных частей из черных и цветных металлов, хранящихся в средних и легких условиях.

НГМ-МЛ (ТУ 38 101767—84) — защитный тиксотропный состав для защиты от коррозии внутренних полостей кузовов автомобилей. Наносят в скрытые сечения автомобиля распылением; температура продукта при распылении должна быть не ниже 18°C.

Мовиль (ТУ 6-15-11-31—99) — автоконсервант порогов, предназначен для защиты от коррозии внутренних поверхностей деталей коробчатого сечения корпуса и съемных частей кузова новых и бывших в эксплуатации автомобилей. Наносят кистью или распылением.

Мольвин-МЛ (ТУ 38 101894—81) — защитный тиксотропный материал, предназначен для защиты от коррозии внутренних полостей и кузовов автомобилей. Наносят методом безвоздушного распыления на конвейере; перед применением продукт следует перемешать.

Ингибит-С (ТУ 38 401606—86) — защитный материал, применяют для защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при межсезонном хранении. Наносят при температуре не менее 5°C и влажности не более 70% методом безвоздушного или пневматического распыления, окунанием или кистью.

Защитные водовытесняющие составы (ЗВВС). Эти составы относятся к особому классу продуктов и содержат 20—60% растворителей (нефтяные, хлор- или фторорганические), 10—50% минеральных, синтетических или полусинтетических масел и до 30% комбинированных (антифрикционных, противоокислительных, противозносных, загущающих) присадок. ЗВВС широко применяют на автомобилестроительных и ремонтных заводах, при обслуживании автомобилей. К отечественным продуктам этого типа относятся препараты серии УНИСМА, поступающие

Рис. 79. Схема взаимодействия в системе «металл — электролит — ПИНС в растворителе» в исходном продукте после нанесения пленки (а), в промежуточной стадии (б) и в сформировавшейся защитной пленке (в):

I — вода; 2 — легколетучий растворитель; 3 — среднелетучий растворитель; 4 — плохолетучий растворитель; 5 — маслорастворимый ингибитор коррозии акцепторного типа; 6 — то же, донорного типа; 7 — то же, экранирующего типа; 8 — загустители типа битумов или восков; 9 — высокомолекулярные загустители (пленкообразователи); 10 — загустители типа мыл; 11 — наполнители; 12, 13, 14 — мицеллы ПАВ донорного, акцепторного и экранирующего типов; 15 — стабилизированный наполнитель; 16 — испарение легколетучего растворителя; 17 — адсорбционная вода (водная фаза); 18 — вытеснение воды; 19 — проникание в микроструктуру; 20 — адсорбция; 21, 22 — хемосорбция акцепторного и донорного типов; 23 — испарение среднелетучего и частично плохолетучего растворителя, воды; 24 — выделение фазы растворителя (снисрезис); 25 — образование микродефектов (каналов) пленки; 26 — распрямление высокополимерных загустителей

Показатель	Мольвин-МЛ*	НГМ-МЛ*	НГ-216		Ингит-С
			марка А/марка Б	марка В	
Внешний вид пленки	Полутвердая, воскообразная; допускается мелкозернистая структура	Полутвердая, воскообразная, равномерная пленка без сторонних включений и сгустков	Равномерная с небольшим отливом, без комков и абразивных разрывов	Мазеобразная равномерная	Полутвердая с мелкозернистой структурой
Цвет	От темно-коричневого до черного	От светло-желтого до светло-коричневого	Черный	Темно-коричневый	Черный
Содержание активного вещества, %	42—52	32	55/35	25	—**
Температура каплепадения активного вещества, °С, не менее	150	120	70	40	120
Пенетрация, мм ⁻¹	230—300	230—300	—	—	—
Содержание, %:					
механических при- месей	Отсутствие	0,15	—	—	Отсутствие
воды, не более	0,50	0,20	0,15	Следы	0,50

* Время формирования тиксотропной структуры пленки Мольвин-МЛ не более 1,5 мин, для НГМ-МЛ — не более 2 мин. Испытание на стекание выдерживают Мольвин-МЛ при 160 °С, НГМ-МЛ — при 120 °С.

** Содержание активного вещества регламентируется по вязкости — 15—40 с по ВЗ-4.

Таблица 7.7. Защитные свойства ПИНС

Показатель	НГ-216А	НГ-216Б	НГ-216В	НГМ-МЛ	Мовиль	Мольвин-МЛ	Ингит-С
Защитные свойства, ч*:							
при повышенных температурах и влажности	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
при воздействии солнечного тумана	600	600	300	300	300	300	600
при погружении в электролит	600	600	300	300	500	500	700

* Время до появления первых признаков коррозии на пластинах из Ст. 10 (ГОСТ 9.054—75).

в продажу в аэрозольной упаковке. Используют препараты для защиты от коррозии и облегчения отвинчивания резьбовых соединений в системе «болт — гайка», для смазывания дверных замков и других точных изделий, консервации запасных частей и инструмента, защиты сварных швов и заклепочных соединений, для облегчения запуска отсыревших двигателей (эффективно и быстро вода вытесняется из двигателя, устраняется утечка тока в системе зажигания). Составы хорошо пропитывают продукты коррозии, поэтому весьма эффективны при обработке резьбовых и других соединительных соединений, а также ржавых поверхностей.

Характеристика защитного водовытесняющего средства УНИСМА-1 высшей категории качества (ТУ 6-15-1402—83) приведена ниже:

	Iв	IIв
Избыточное давление насыщенных паров содержимого аэрозольной упаковки, МПа:		
при 20 °С	≥ 0,2	—
при 50 °С	≤ 0,75	—
Содержание, %:		
пропеллента в аэрозольной упаковке, %	35±3	45±3
нелетучих веществ	≥ 16	≥ 13
Проникающая способность, см	≥ 3,0	≥ 3,0
Защитные (антикоррозионные) свойства пленки, сут	≥ 3	≥ 3

НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) являются обязательным элементом большинства технологических процессов обработки материалов резанием и давлением. Точение, фрезерование, сверление, шлифование и другие процессы обработки резанием сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, неметаллических конструкционных материалов, штамповка и прокатка металлов характеризуются большими статическими и динамическими нагрузками, высокими температурами, воздействием обрабатываемого материала на режущий инструмент, штамповочное и прокатное оборудование. В этих условиях основное назначение СОТС — уменьшить температуру, силовые параметры обработки и износ режущего инструмента, штампов и валков, обеспечить удовлетворительное качество обработанной поверхности. Помимо этого, СОТС должны отвечать гигиеническим, экологическим и другим требованиям, обладать комплексом антикоррозионных, моющих, антимикробных и других эксплуатационных свойств. Применение СОТС при обработке металлов резанием и давлением позволяет повышать производительность оборудования, точность и чистоту обработки, снизить брак, улучшить условия труда и в ряде случаев сократить число технологических операций.

Товарные ассортименты СОТС в СССР и за рубежом включают индустриальные масла и другие нефтяные фракции с присадками, эмульсолы (образующие в воде грубодисперсные эмульсии), а также композиции, дающие в воде микроэмульсии или прозрачные растворы.

В период 70—80 гг. производство смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и технологических смазок (ТС) для металлообработки сформировалось как самостоятельная подотрасль нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Только для обеспечения работы оборудования на ВАЗе разработано и организовано производство 38 новых СОТС, так как продукты существовавшего до 1973 г. отечественного товарного ассортимента оказались непригодными для указанных целей. Многие из СОТС, разработанные для ВАЗа, получили применение и на КамАЗе (вместо 44 зарубежных СОТС, рекомендованных иностранными фирмами для КамАЗа, в настоящее время применяют 13 отечественных продуктов, обеспечивая нормаль-

ную эксплуатацию технологического оборудования). К настоящему времени разработано и освоено в производстве 28 новых СОТС: для обработки металлов резанием — 20 марок, для холодной штамповки металлов — 5 марок и для прокатки металлов — 3 марки. Наиболее важные из них: МР-1у и МР-7 — заменяют морально устаревший сульфозеол; Аквол-10М, Аквол-11, Аквол-14, Аквапол-1, Синтал-2, Синхо-2М и Синхо-6 — синтетические и полусинтетические СОЖ — отвечают современным требованиям машиностроения и позволяют сократить расход нефтепродуктов на технологические нужды в различных отраслях машиностроения; Укринол-205, Укринол-207 и Укринол-211М — обеспечивают работу высокопроизводительных станков прокатки алюминия, меди, автолста. Экономический эффект от внедрения новых СОТС за период 1981—1985 гг. превысил 50 млн. руб. Намечается расширение производства СОТС для более полного обеспечения потребностей народного хозяйства и в первую очередь автоматизированных технологических комплексов машиностроения.

Массовый характер использования СОТС в машиностроительных и металлообрабатывающих отраслях промышленности, постоянный рост торговли оборудованием для обработки металлов как между странами социалистического содружества, так и между социалистическими и капиталистическими странами, обуславливают необходимость разработки систем классификации и выбора отечественных и зарубежных СОТС с целью определения их взаимозаменяемости. С учетом отечественного и зарубежного опыта предлагается следующая физико-химическая классификация смазочно-охлаждающих технологических средств для обработки металлов и соответствующие основные классификационные обозначения:

Газообразные СОТС:	Г
инертные	Г1
активные	Г2
Жидкие СОТС:	
водосмешиваемые	В
образующие в воде эмульсии	Э
дающие прозрачные растворы	Р
масляные	М
I группы вязкости	М1
$\nu_{50}=1\div 9$ мм ² /с ($\nu_{40}=2\div 12$ мм ² /с)	
группы вязкости по ISO=2, 3, 5, 7, 10	
II группы вязкости $\nu_{50}=10\div 20$ мм ² /с ($\nu_{40}=13\div 20$ мм ² /с),	M2
группы вязкости по ISO=3, 15, 22	
III группы вязкости $\nu_{50}>20$ мм ² /с ($\nu_{40}>30$ мм ² /с), группы	M3
вязкости по ISO=32, 46, 68, 100	
быстроиспаряющиеся	И
расплавы:	Рс
металлов	Рс1
солей	Рс2
других веществ	Рс3

Твердые СОТС:

неорганические (неметаллы)
мягкие металлы
органические
смешанные
другие

T1
T2
T3
T4
T5

Пластичные СОТС на загустителях:

углеводородных
мыльных
смешанных
других

P
P1
P2
P3
P4

Основные классификационные обозначения дополняют индексами, которые указывают отсутствие или присутствие присадок, усиливающих смазочные свойства СОТС, уровень легирования присадками, растворимость присадок в маслах или воде, класс по химической природе и активность по отношению к меди:

О. — отсутствие присадки

П. — присутствие присадки

ПМ. — маслорастворимые присадки

ПМ. — маслорастворимые присадки, активные по отношению к меди

ПВ. — водорастворимые присадки

ПМВ. — маслорастворимые присадки

ПН. — маслорастворимые присадки (добавки, наполнители)

Степень легирования присадками, усиливающими смазочные свойства СОТС (содержание присадок):

1 — до 5% (масс.), невысокое

2 — 5—10% (масс.), умеренное

3 — 10—30% (масс.), высокое

4 — более 30% (масс.), очень высокое

Класс присадок по химической природе:

а — животные жиры, растительные масла, синтетические сложные эфиры, органические кислоты

б — галогеносодержащие

в — серосодержащие

г — фосфорсодержащие

д — азотсодержащие

е — содержащие другие активные элементы

ж — комплексные металлоорганические соединения

з — растворимые в маслах или воде полимеры

и — органические наполнители

к — неорганические наполнители

л — другие химические соединения

Примеры классификационного обозначения СОТС:

Э1.ПМ.2.абв. — концентрат водосмешиваемой СОТС, образующей в воде грубые дисперсии, активной по отношению к меди, содержащей от 5 до 10% (масс.) маслорастворимых жирных добавок, галогено- и серосодержащих присадок

МЗ.ПМ.3.абг. — неактивное высоковязкое масляное СОТС с высоким содержанием жиров, галогено- и фосфорсодержащих присадок

Предлагаемая классификация достаточно универсальна и применима для всех видов СОТС независимо от их назначения и агрегатного состояния. Ее можно использовать как для харак-

теристики существующих товарных СОТС, так и для анализа патентной литературы при создании новых смазочных материалов для обработки металлов (резание, прокатка и штамповка). Вариант структуры ассортимента жидких СОТС представлен в табл. 8.1. В промышленном масштабе, однако, освоено производство масляных и водосмешиваемых жидких СОТС.

Масляные СОТС представляют собой минеральные масла вязкостью при 50 °С от 2 до 40 мм²/с без присадок или с присадками различного функционального назначения (антифракционные, противоизносные, противозадирные, антиокислительные, моющие, антипенные, противотуманные, антикоррозионные и др.). Обладая хорошими смазывающими свойствами, масляные СОТС имеют и недостатки, а именно: низкая охлаждающая способность, высокая стоимость, повышенная испаряемость и пожароопасность.

В состав водосмешиваемых СОТС могут входить эмульгаторы, ингибиторы коррозии, биоциды, противоизносно-противозадирные присадки, антипенные добавки, электролиты, связывающие вещества (вода, спирты, гликоли и пр.) и другие органические и неорганические вещества. Водосмешиваемые СОТС обладают рядом преимуществ перед масляными: более высокая охлаждающая способность, пожаробезопасность и меньшая опасность для здоровья работающего персонала, невысокая стоимость рабочих растворов. Вместе с тем им присущ и ряд недостатков — повышенная поражаемость микроорганизмами, пенообразование, необходимость утилизации отработанных водных растворов.

Предложенная классификация предполагает только промышленных СОТС для обработки металлов жидких водосмешиваемых и масляных 78 видов. Существование каждого вида жидких СОТС реально (подтверждается анализом товарных СОТС, производимых в нашей стране и за рубежом), но ни один из товарных ассортиментов какой-либо фирмы или страны не содержит все возможные виды. Наиболее разнообразен ассортимент СОТС в США (более 300 наименований), где производством указанной группы смазочных материалов занимается более 80 фирм.

Система классификационной индексации обеспечивает информационную совместимость разрабатываемых странами — членами СЭВ смазочно-охлаждающих технологических средств. Она применима при решении вопросов материально-технического снабжения, внешней торговли и статистики, специализации и кооперирования производства, создания новых СОТС и их стандартизации. Общий классификатор позволит более эффективно разрабатывать базовые ассортименты СОТС, долгосрочные планы и интеграционные мероприятия по их производству и обеспечению стран — членов СЭВ.

Таблица 8.1. Структура ассортимента жидких СОТС

Класс СОТС	Индексация по видам					
	Химическая природа	Наличие присадок	Степень легирования присадками			
			1	2	3	4
1. Водосмешиваемые	Э Э1	Э1.О Э1.П	Э1.П1 Э1.П2 Э1.П3 Э1.П4	Э1.П2 Э1.П3 Э1.П4	Э1.П3 Э1.П4	Э1.П4 Э1.П5
1.1. Образующие в воде эмульсии:						
1.1.1. Грубые дисперсии						
1.1.2. Микроэмульсии (полусинтетические)	Э2	Э2.О Э2.П	Э2.П1 Э2.П2 Э2.П3 Э2.П4	Э2.П2 Э2.П3 Э2.П4	Э2.П3 Э2.П4	Э2.П4 Э2.П5
1.2. Дающие в воде прозрачные растворы (синтетические)	Р	Р1.О Р1.П	Р1.П1 Р1.П2 Р1.П3 Р1.П4	Р1.П2 Р1.П3 Р1.П4	Р1.П3 Р1.П4	Р1.П4 Р1.П5
1.2.1. На основе органических веществ	Р1					
1.2.2. На основе неорганических веществ	Р2					
1.2.3. На основе смеси органических и неорганических веществ	Р3	Р3.О Р3.П	Р3.П1 Р3.П2 Р3.П3 Р3.П4	Р3.П2 Р3.П3 Р3.П4	Р3.П3 Р3.П4	Р3.П4 Р3.П5
2. Масляные (на основе нефтяных и синтетических масел):	М1	М1.О М1.П	М1.П1 М1.П2 М1.П3 М1.П4	М1.П2 М1.П3 М1.П4	М1.П3 М1.П4	М1.П4 М1.П5
2.1. I группы вязкости						
2.2. II группы вязкости	М2	М2.О М2.П	М2.П1 М2.П2 М2.П3 М2.П4	М2.П2 М2.П3 М2.П4	М2.П3 М2.П4	М2.П4 М2.П5
2.3. III группы вязкости	М3	М3.О М3.П	М3.П1 М3.П2 М3.П3 М3.П4	М3.П2 М3.П3 М3.П4	М3.П3 М3.П4	М3.П4 М3.П5

АССОРТИМЕНТ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И СВОЙСТВА СОТС

В ассортимент включены продукты, которые успешно прошли испытания и их производство освоено предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (табл. 8.2).

Таблица 8.2. Ассортимент, назначение и области применения СОТС

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная информация
<i>Водосмешиваемые</i>		
Аквол-2 (ТУ 38 УССР 201220—79)	Точение, сверление, фрезерование, развертывание, протягивание, шлифование легированных, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов	Эмульгируемое, 5—10%-е водные эмульсии
Аквол-6 (ТУ 38 101875—82)	Резание коррозионно-стойких высокопрочных сталей и титановых сплавов, а также обычных конструкционных материалов в тяглых режимах резания	Эмульгируемое, 5—20%-е водные эмульсии
Аквол-10М (ТУ 38 101931—83)	Фасонное фрезерование, протягивание, нарезание резьбы, точение, сверление, шлифование цветных металлов, чугунов, углеродистых, конструкционных, легированных жаропрочных сталей и сплавов	Синтетическое, 2—3%-с водные растворы
Аквол-11 (ТУ 38 101932—83)	Резание углеродистых и легированных сталей, точение, сверление, фрезерование, шлифование алюминиевых сплавов	Полусинтетическое, 2—3%-е водные растворы
Аквол-14 (ТУ 38 101971—84)	Точение, отрезка, сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование, шлифование углеродистых и легированных сталей	Синтетическое, 3—15%-с водные растворы
Аквапол-1 (ТУ 38 101161—86)	Резание чугуна, углеродистых, легированных, труднообрабатываемых сталей и сплавов	Полусинтетическое, 3—15%-е водные растворы
Аквемус (ТУ 38 УССР 201341—84)	Резание стали и чугуна на токарных вертикальных многошпиндельных полуавтоматах, горизонтальных патронных и прутковых автоматах	Эмульгируемое, 3—5%-с водные эмульсии
Карбамол-П1 (ТУ 38 УССР 1011033—85)	Лезвийная и абразивная обработка черных, цветных металлов и сплавов	Полусинтетическое, 2—5%-е водные эмульсии

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная инфор- мация
Карбамол-Э1 (ТУ 38 УССР 101158—86)	Абразивная и лезвийная обработка конструкционных материалов	Эмульгируемое, 2—5%-е водные эмульсии
НГЛ-205 (ТУ 38 101547—80)	Резание, шлифование чер- ных и цветных металлов	Эмульгируемое, 8—10%-е водные эмульсии
НКС-5У (ТУ 38 001304—82)	Хонингование, суперфини- ширование закаленных ста- лей и чугунов	Полусинтетическое, 10%-е водные растворы
ОМ (ТУ 38 УССР 201270—78)	Холодная прокатка кон- струкционных сталей	Эмульгируемое, 5%-е водные эмульсии
РЗ-СОЖ-8 (ТУ 38 101258—80)	Резание титановых и вы- сокопрочных сплавов	Эмульгируемое, 5—8%-е водные эмульсии
Синхо-2М (ТУ 38 1011060—86)	Финишные операции абра- зивной обработки чугуна	Полусинтетическое, 2—3%-е водные растворы
Синхо-6 (ТУ 38 1011060—86)	Финишные операции алмаз- но-абразивной обработки легированных сталей и сплавов	Синтетическое, 5—6%-е водные растворы (взамен керосина)
Синтал-2 (ТУ 38 1011022—85)	Лезвийная и абразивная обработка деталей под- шипников	Эмульгируемое, 5—10%-е водные эмульсии
СКТБ ИНХП-2 (ТУ 38 АзССР 20271—80)	Обычное и скоростно-сило- вое шлифование стальных, металлокерамических изде- лий; механическая обработ- ка чугуна, стали, латуни	Эмульгируемое, 3%-е водные эмульсии
СП-3 (ГОСТ 5702—75)	Прокатка цветных метал- лов, токарная обработка, нарезание резьбы на алю- миневых сплавах; рабочая жидкость гидравлических систем	Эмульгируемое, 5—10%-е водные эмульсии
Укринол-1 (ТУ 38 101197—82)	Шлифование стали, чугуна, точение, сверление, фрезе- рование, резьбонарезание, протягивание	Эмульгируемое, 2—10%-е водные эмульсии
Укринол-1М (ТУ 38 101878—83)	Лезвийная и абразивная обработки сталей, чугуна, цветных металлов	Эмульгируемое, 2—5%-е водные эмульсии
Укринол-2 (ТУ 38 101846—80)	Штамповка конструкцион- ной стали	Эмульгируемое, 8%-е водные эмульсии
Укринол-2У (ТУ 38 101846—80)	Штамповка меди и латуни	Эмульгируемое, 8%-е водные эмульсии
Укринол-3П (ТУ 38 101847—80)	Протягивание черных ме- таллов	Эмульгируемое, 15%-е водные эмульсии

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная инфор- мация
Укринол-3У (ТУ 38 101848—80)	Листовая штамповка лату- ни и освоенной стали	Водосмываемое, не- разбавленный водой концентрат
Укринол-11 (ТУ 38 101331—75)	Профилирование трубок радиаторов автомобилей	Эмульгируемое, 5%-е водные эмульсии
Укринол-50У (ТУ 38 101978—87)	Штамповка черных метал- лов, меди, латуни, освоен- ной стали	Эмульгируемое, 5—30%-е водные эмульсии
Укринол-211М (ТУ 38 УССР 201377—85)	Прокатка лент из углеро- дистой стали	Эмульгируемое, 5%-е водные эмульсии
ФМИ-3 (ТУ 38 УССР 201319—79)	Резание, операции обработ- ки давлением конструкци- онных и высоколегирован- ных сталей	Эмульгируемое, 3—5%-е водные эмульсии
ШМ (ТУ 38 УССР 201428—84)	Шлифование, полирование листов и полос из углеро- дистых и легированных сталей	Эмульгируемое
ЭГТ (ТУ 38 101149—75)	Резание, обработка давле- нием	Эмульгируемое
ЭМУС (ТУ 38 101174—76)	Лезвийная и абразивная обработка конструкционных сталей	Эмульгируемое, 3—5%-е водные эмульсии
ЭС-1М (ТУ 38 УССР 20160—80)	Холодная штамповка сталей	Эмульгируемое, для приготовления штам- повочной пасты ЭСТ-1М
ЭТ-2 (ТУ 38 101599—75)	Резание, обработка давле- нием	Эмульгируемое
ЭТ-2У (ТУ 38 УССР 201299—80)	Резание, прокатка конст- рукционных сталей	Эмульгируемое, 10%-е водные эмульсии
Масляные		
Карбонал (ТУ 38 101729—85)	Сверление, резьбонареза- ние, развертывание сталей цветных металлов и их сплавов малого диаметра (до 10 мм)	Технологическая пас- та, взамен пчелино- го воска, мыла, са- ла животного техни- ческого
КЭТ-1 (ТУ 38 УССР 201301—85)	Калибровка труб экспанде- рам	—
ЛЗ-СОЖ-487 (ТУ 38 101516—75)	Глубокая вытяжка латуни	—
ЛЗ-СОЖ-1ПИО (ТУ 38 101116—79)	Фасонное шлифование ста- ли	—
ЛЗ-СОЖ-1СП (ТУ 38 101126—79)	Резьбонарезание наружное	—
ЛЗ-СОЖ-1Т (ТУ 38 10185—79)	То же	—

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная инфор- мация
MP-1У (ТУ 38 101731—80)	Резание углеродистых конструкционных, легированных сталей на станках-автоматах, резьбонарезание, протягивание, чистовое зубодолбление, сверление	—
MP-2 (ТУ 38 УССР 201187—80)	Точение, тойкое растачивание, резьбонарезание, отдельные виды шлифования труднообрабатываемых материалов	—
MP-2У (ТУ 38 УССР 201205—77)	Резание цветных металлов и сплавов, конструкционных углеродистых сталей, точение, фрезерование, шлифование	—
MP-3 (ТУ 38 УССР 201254—83)	Сверление, глубокое сверление, растачивание, резьбо- и зубошлифование углеродистых, легированных, конструкционных, нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов	—
MP-4 (ТУ 38 101481—76)	Точение, сверление, резьбонарезание, развертывание, хонингование, фасонное шлифование нержавеющей, жаропрочных и жаростойких, алюминиевых и титановых сплавов	—
MP-5У (ТУ 38 101780—82)	Тяжелые режимы резания конструкционных, углеродистых, легированных, инструментальных, нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов	Используют в виде концентрата
	Обычные режимы резания тех же металлов	5—50%-е растворы в индустриальных маслах $v_{50}=4—35 \text{ мм}^2/\text{с}$
MP-6 (ТУ 38 УССР 201290—81)	Резьбонарезание, сверление, развертывание, протягивание легированных и жаропрочных сталей, титановых сплавов и тугоплавких материалов	—
MP-7 (ТУ 38 УССР 201343—83)	Резание и давление черных металлов (взамен сульфидфрезолов)	Пониженное образование масляного тумана и дыма
MP-8 (ТУ 38 101955—86)	Резание сталей и цветных металлов	5—75%-е растворы в индустриальных маслах $v_{50}=4—40 \text{ мм}^2/\text{с}$

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная инфор- мация
MP-9 (ТУ 38 101979—86)	Резание черных и цветных металлов; смазочная среда для узлов трения, гидравлическая жидкость гидросистем станков	—
MP-10 (ТУ 38 101973—85)	Высокоскоростное шлифование профилей режущих инструментов (сверл, метчиков, разверток и фрез)	—
MP-99 (ТУ 38 101877—84)	Внутреннее протягивание, резьбонарезание, фасонное шлифование, шевингование зубьев	В виде концентрата
Натриал-1М (ТУ 38 101728—85)	Точение, сверление, отрезание, развертывание, зубообработка, протягивание, нарезание резьбы, а также на токарных автоматах	5—50%-е растворы в индустриальных маслах И-12А, И-20А, И-30А
	Смазывание абразивных лент и устройств, предназначенных для конечной обработки с использованием абразивных материалов	Технологическая паста
ОСМ-1 (ТУ 38 УССР 201228—81)	Алмазное, хонингование, полирование, суперфинишное шлифование чугуна, углеродистых, низкоуглеродистых сталей, взаимно керосина, керосино-масляных смесей	—
ОСМ-3 (ТУ 38 УССР 201152—75)	Скоростное развертывание металлокерамических втулок; сверление, зубо- и резьбообработка, алмазно-абразивная обработка	—
ОСМ-4 (ТУ 38 УССР 201393—85)	Лейточное шлифование и полирование полиграфического цинка марки ЦМП	—
ОСМ-5 (ТУ 38 УССР 201249—76)	Зубодолбление, зубохонингование, сверление, шевингование, центрование, зенкерование, резьбонарезание, отрезка, фасонирование, развертывание углеродистых и легированных сталей на низких и средних скоростях резания	—
СВ-1 (ТУ 38 УССР 201326—79)	Смазывание прессыющего поршня в машинах литья под давлением	—
Сульфидфрезол (ГОСТ 122—84) СЭЛ-1 (ТУ 38 УССР 201163—77)	Резание и давление черных металлов Портландцемент	В смеси с абразивным порошком

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная инфор- мация
СТП-1У (ТУ 38 101660—82)	Прокатка, волочение чер- ных и цветных металлов	—
Т-6П (ТУ 38 УССР 201300—80)	Прокатка электротехниче- ской стали на многовалко- вых станах	—
Т-7П (ТУ 38 УССР 201300—80)	Прокатка легированной стали на многовалковых станах	—
Укринол-4 (ТУ 38 101199—74)	Профилирование, неглубо- кая вытяжка конструкци- онных сталей	—
Укринол-5/5 (ТУ 38 101388—79)	Высадка норшневых паль- цев, интамовка меди и се- сплавов	—
Укринол-13 (ТУ 38 101411—77)	Выдавливание тарелки пру- жины кланана; выдавлива- ние конструкционных ста- лей	В смеси с индустри- альным маслом (1:1)
Укринол-14 (ТУ 38 001305—78)	Профильное шлифование инструментальных сталей	—
Укринол-23 (ТУ 38 101864—81)	Холодная листовая штам- повка стали методом глу- бокой и средней вытяжки	Смываемый водой
Укринол-202 (ТУ 38 УССР 201264—80)	Прокатка алюминия и его сплавов	—
Укринол-205 (ТУ 38 УССР 201347—83)	Прокатка тонких алюми- ниевых лент	—
Укринол-207 (ТУ 38 УССР 201363—83)	Холодная прокатка медных и латунных лент	—
ХС-11У (ТУ 38 101935—85)	Рубка труб из конструкци- онных сталей	—
ХС-147 (ТУ 38 101612—76)	Чистовая вырубка из лис- товой углеродистой, леги- рованной и конструкцион- ной стали	—
ХС-163 (ТУ 38 101727—82)	Чистовая вырубка из леги- рованной стали ШХ-15 тол- щиной ≥ 15 мм	—
ХС-170 (ТУ 38 101933—86)	Штамповка и глубокая вы- тяжка из конструкционных и легированных сталей	—
ШС-2 (ТУ 38 УССР 201246—80)	Штамповка деталей особо глубокой вытяжкой	—
Эмбол (ТУ 38 101958—86)	Глубокая, средняя вытяжка конструкционных углеродн- стых сталей с автоматиче- ской подачей смазки	—

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Требования к эксплуатационным свойствам СОТС в зависи-
мости от типа и условий их применения могут быть различными.
Основные требования, предъявляемые к современным СОТС,
следующие:

технологические свойства (стойкость режущего инструмента,
производительность процесса обработки, качество обработанной
поверхности детали и др.) на уровне и выше требований техно-
логического процесса обработки металлов;

экономическая эффективность применения, в том числе вза-
мен одной или нескольких ранее применявшихся СОТС (с уче-
том технологической эффективности, стоимости, срока службы,
разницы в затратах на транспорт, хранение, приготовление,
эксплуатацию, регенерацию и утилизацию);

соответствие современным гигиеническим требованиям;

физико-химические характеристики в пределах норм, указан-
ных в технических условиях на продукт и на уровне лучших
зарубежных.

Кроме того, к качеству СОТС выдвигаются дополнительные
(сопутствующие) требования, а именно:

отсутствие корродирующего действия на оборудование и об-
рабатываемый металл;

защитное (антикоррозионное) действие при межоперацион-
ном хранении изделий (деталей);

отсутствие разрушающего действия на лакокрасочные покры-
тия оборудования, на резиновые уплотнения, пластмассовые
направляющие, устройства автоматики и другие элементы ме-
таллообрабатывающего оборудования;

отсутствие обильного пенообразования, дыма, тумана, аэро-
золей при эксплуатации;

удовлетворительная фильтруемость;

отсутствие отложений, пленок, затрудняющих перемещение
движущихся частей металлообрабатывающих станков;

стабильность при хранении и транспорте, в том числе при
низких температурах;

удовлетворительные моющие свойства;

удовлетворительная микробиологическая стойкость и дли-
тельный срок службы водных эмульсий и растворов СОТС;

стабильность эксплуатационных свойств СОТС в процессе
длительного применения — устойчивость к «нстощению»;

легкость приготовления рабочих эмульсий и растворов, в том
числе на воде различной жесткости, в холодной воде и в других
условиях;

Таблица 8.3. Физико-химические характеристики водосмешиваемых СОТС

Шифр физико-химической характеристики:

- 1 — плотность при 20 °С, кг/м³;
- 2 — вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с;
- 3 — кислотное число, мг КОН/г;
- 4 — число омыления, мг КОН/г;
- 5 — содержание хлора, % (масс.);
- 6 — содержание серы, % (масс.);
- 7 — содержание воды, % (масс.);

влияние жесткой воды:

- 8 — масляные отделения, см³;
- 9 — пастообразные отделения, см³;
- 10 — защитная способность от влаги

прочерк — показатель не определяется, не нормируется;

[+] — испытания выдерживает;

испытание на коррозию на пластинке из:

- 11 — оцинкованной стали (ТУ 14-1-708—73);
- 12 — меди М0к или М1к или М0б или М1б (ГОСТ 859—78);

эмульсии и водные растворы:

- 13 — концентрация рабочего водного раствора;
- 14 — pH;
- 15 — корродирующее действие по отношению к черным металлам;
- 16 — корродирующее действие на латунь;
- 17 — склонность к пенообразованию, см³;
- 18 — устойчивость пены, см³

Марка	1	2	3	4	5	6
Аквол-2	900—990	40—75	8,0	20,0—45,0	4,0—5,0	1,3—2,3
Аквол-6	900—1000	70	4	—	11—14	—
Аквол-10М	1000—1100	6,0—15,0	26,0	—	—	—
Аквол-11	1000—1050	40	16,0—20,0	—	—	—
Аквол-14	1000—1200	3,0—7,0	—	—	—	—
Аквапол-1	1000—1200	30	32—47	—	—	—
Аквемус	980—1200	—	60	70	—	—
Карбамол-Э1	800—1000	45	30	—	—	—
Карбамол-П1	900—1100	20—40	30	—	—	—
НГЛ 205	—	—	—	—	—	—
НКС-5У	1100—1150	—	—	—	45—55,0	0,8
ОМ	900—990	25—50	—	22—45	—	—
РЗ СОЖ-8	—	6	—	—	—	—
Сиихо-2М	1000—1100	70	—	—	—	—
Сиихо-6	1000—1200	150	20	—	—	—
Сиитал-2	950—1050	70	—	—	11,0	—
СКТБ ИНХП-2	1000—1200	4,0—13,0	—	—	—	—
СП-3	—	—	17—21	—	—	—
Укриол-1	900—980	30—60	10	—	Отсут- ствие	—
Укриол-1М	900—980	20—50	9	—	Отсут- ствие	—
Укриол-2У	920—950	60—100	—	30,0	0,4—0,6	1,5—2,2
Укриол-3П	920—980	70—140	5	4—30	0,4—0,6	2,0—3,0
Укриол-3У	920—960	60—120	5	15—40	0,4—0,6	2,0—3,0
Укриол-11	920—940	40—60	3,3	—	—	—
Укриол-211М	900—990	25—45	20	80	—	—
Укриол-50У	940—980	30—100	0,2—3,0	—	2,0—3,0	1,5—3,0
ФМИ-3	1000—1300	230—260	3	10	—	—
ЭГТ	—	—	6,0	—	—	—
ЭМУС	—	—	—	—	—	—
ЭС-1М	—	—	30,0—40,0	—	—	1,5
ЭТ-2	—	—	6,0	—	—	—
ЭТ-2У	900—990	—	—	—	—	—

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2,0—5,0	—	—	—	—	—	7	8—10	[+]	—	—	—
6,0	—	—	—	—	—	5	8—10	[+]	—	90	50
—	[+]	[+]	—	—	—	3	8—10	[+]	—	450	100
—	—	—	—	—	—	3,0	8,5—10,0	[+]	—	500	200
—	—	—	—	—	—	3,0	7—9	[+]	—	400	100
—	—	—	—	—	—	3	7,5—9,0	[+]	—	600	300
25,0	[+]	—	—	—	—	3	7,5—8,5	[+]	—	650	400
—	[+]	—	—	—	—	3	8,0—9,5	[+]	—	650	400
—	[+]	—	—	—	—	3	8,5—10,0	[+]	—	700	350
30,0	—	—	—	—	—	—	—	[+]	—	—	—
—	—	—	—	—	—	10	8—11	[+]	—	700	400
3,0	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—
10,0	—	—	—	—	—	3	8—10	[+]	—	—	—
—	—	—	—	—	—	2	8,5—10,0	[+]	—	700	300
—	—	—	—	—	—	3	7,5—10,0	[+]	—	700	300
—	[+]	—	—	—	—	5	8,5—9,5	[+]	—	500	200
38,0—40,0	[+]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Отсутствие	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	[+]	[+]	[+]	—	—	3	9—10	[+]	—	700	400
5,5	[+]	[+]	[+]	—	—	3	9—10	[+]	—	650	380
—	0,2	0,5	[+]	—	[+]	8	8—10	[+]	[+]	700	400
2,0—4,5	0,2	5,0	[+]	—	—	8,0—15,0	8—10	—	—	650	400
2,0—4,0	0,2	5,0	[+]	[+]	[+]	8,0—15,0	8—10	[+]	[+]	—	—
3,5	0,5	0,5	—	—	—	5,0	8—10	—	—	—	—
3,0	—	—	—	—	—	5,0	7,5	—	—	—	—
1,0—5,0	[+]	[+]	[+]	[+]	[+]	8,0—15,0	9—11	[+]	[+]	450	250
10,0	0,2	0,5	—	—	—	5,0	9,0—10,5	[+]	—	—	—
—	3,0	—	—	—	—	3	9,0—10,0	[+]	—	100	40
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3,0	—	—	—	—	3,0	9—10	[+]	—	100	40
5,0	—	—	—	—	—	10	—	[+]	—	—	—

Таблица 8.4. Физико-химическая характеристика масляных СОТС

Шифр физико-химической характеристики:

- 1 — плотность при 20 °С, кг/м³;
 2 — вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с;
 3 — температура вспышки в открытом тигле, °С;
 4 — коррозирующее действие по отношению к металлам:
 4 — серый чугун (ГОСТ 1412—79);
 5 — сталь 40 или 45 (ГОСТ 1050—74);
 6 — медь марок М0к или М1к или М0б или М1б или М1, М2 (ГОСТ 859—78);
 прочерк — показатель не определяется, не нормируется;

Марка	1	2	3	4	5
КЭТ-1	—	—	—	—	[+]
ЛЗ-СОЖ-1сн	1020 (15 °С)	10,5—35	≥158	—	—
ЛЗ-СОЖ-1ПИО	940 (15)	19,4—24,5	≥158	—	—
ЛЗ-СОЖ-1т	—	24,5—29,4	—	—	—
ЛЗ-СОЖ-487	20 (20 °С)	85	—	—	[+]
МР-1У	800—930	18,0—24,0	≥170	[+]	[+]
МР-2	800—900	130—17,0	≥160	[+]	[+]
МР-2У	860—950	23,0—28,0	≥180	[+]	[+]
МР-3	850—915	5,0—17,0	≥125	[+]	[+]
МР-4	910—1100	4,0—10,0	≥180	[+]	[+]
МР-5У	860—960	30,0—40,0	≥185	[+]	[+]
МР-6	920—1000	20—30	≥130	[+]	[+]
МР-7	800—930	23,0—30,0	≥180	[+]	[+]
МР-8	870—950	25—40	≥190	[+]	[+]
МР-9	860—920	20—30	≥190	[+]	[+]
МР-10	800—930	12—16,5	≥175	[+]	[+]
МР-99	880—950	25—40	≥150	[+]	[+]
Натриал-1М	—	—	—	—	[+]
ОСМ-1	850—890	7,5	≥363	[+]	[+]
ОСМ-3	850—910	4,5	≥100	[+]	—
ОСМ-4	850—875	4,5	≥100	[+]	—
ОСМ-5	880—960	10—18	≥160	[+]	[+]
СВ-1	—	110	—	—	—
СЭЛ-1*	—	10—20	—	—	—
		10—20	—	—	—
		135—200	—	—	—
Сульфозфрезол		20—25	—	—	—
СТП-1У	—	—	—	—	—
Т-6П и Т-7П	850—950	5—8	≥130	—	[+]
Укринол-4	950	30,0—40,0	≥156	—	—
Укринол 5/5	1100	75,0—85,0	≥150	—	—
Укринол-13	—	—	—	—	[+]
Укринол-23	940—980	130—180	—	[+]	[+]
Укринол-3У	920—980	110—170	—	[+]	[+]
Укринол-202	710—810	2,3—2,8	≥75,0	—	[+]
Укринол-205	800—850	6,5	≥90,0	—	[+]
Укринол-207	220—890	5—8	≥130	—	[+]
ХС-11У	850—950	10—20	≥150	[+]	[+]
ХС-163	—	40—70	≥150	[+]	[+]
ХС-170	880—960	90—140	≥155	[+]	—
ШС-2	—	—	—	—	—
Эмбол	850—950	30—40	≥160	—	[+]

* Вязкость определяется по Гарднеру (в секундах): первый интервал для продукта третий — в состоянии поставки при 5 °С, диск — 51 отверстие.

- 7 — содержание серы, % (масс.);
 8 — содержание фосфора, % (масс.);
 9 — содержание хлора, % (масс.);
 10 — температура каплепадения, °С;
 11 — коксуемость, % (масс.);
 12 — зольность, % (масс.);
 13 — защитная способность от влаги;
 14 — эмульгируемость в воде;
 [+]: — испытания выдерживает;

6	7	8	9	10	11	12	13	14
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	1,0—2,5	—	14,5—17,5	—	≤0,35	≤0,4—1,0	[+]	—
—	0,39	—	0,3—0,6	—	≤0,35	≤0,1	Следы	—
—	1,1	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	19,0	—	—	—	—	—
—	0,7—1,5	—	1,0—1,6	—	—	—	—	—
—	0,5—1,0	—	0,2—0,6	—	—	—	—	—
—	—	0,05—0,25	1,4—2,0	—	—	—	—	—
—	1,0—2,2	0,02	—	—	—	—	—	—
—	—	—	15,0—18,0	—	—	—	—	—
—	1,5—3,0	—	0,5—1,4	—	—	—	—	—
—	0,5—1,0	—	11,0—15,0	—	—	—	—	—
—	1,0—1,2	—	—	—	—	—	—	—
≥2b	0,7—1,5	—	5,0—7,0	—	—	—	—	—
≥2b	0,5—1,5	0,05—0,25	1,8—3,0	—	—	—	—	—
—	—	0,05—0,25	1,2—1,7	—	—	—	—	—
4a—c	3,5—5,0	—	1,1—1,6	—	—	—	—	—
—	—	—	—	≤90,0	—	1,5—3,0	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,2—0,5	—	0,7—1,35	—	—	—	—	—
—	0,2—0,5	—	0,7—1,35	—	—	—	—	—
[+] (латунь)	0,9—2,5	—	3,2	—	—	—	—	—
—	—	—	4,9	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	≤0,5	≤1,3	—	[+]
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	1,7	—	—	—	—	—	—	—
—	8,0	—	—	≥39,0	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	1—2	—	0,3—0,4	—	—	—	[+]	[+]
—	1,5	—	17,0—21,0	—	3,0	≤0,2	[+]	—
—	9—12,0	—	—	—	—	2,0—3,5	[+]	[+]
—	2,0—3,0	—	2,3—3,3	—	—	—	[+]	[+]
[+]	1,5—2,1	—	0,4—0,7	—	—	—	[+]	[+]
—	0,06	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,5	—	1,5	—	—	—	[+]	—
[+]	1,0—3,0	—	17—21	—	—	—	[+]	—
—	1,6	—	1,5—2,5	—	—	—	[+]	—
[+]	—	—	—	≥32	—	—	[+]	—
—	5,0	—	0,3—0,6	—	—	—	[+]	—

в состоянии поставки при 40 °С с диском без отверстий; второй — то же, после прокачки;

удовлетворительная разлагаемость отработанной СОТС при обезвреживании и утилизации, экологическая безвредность отходов.

Перечисленные требования могут по-разному сочетаться, могут выдвигаться и дополнительные требования (например, обеспечение осаждения шлама в СОТС для алмазно-абразивной обработки или максимальной адгезии резины к латунированной стальной проволоке под металлокорд и т. п.).

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОТС

Выбор СОТС определяется рекомендациями по транспортированию и хранению, приготовлению рабочих растворов, контролю и корректировке качества, утилизации, охране труда при работе с СОТС. Правильное проведение этих работ обеспечивает технологическую эффективность, продляет срок службы и дает экономии СОТС, улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

Для процессов металлообработки СОТС выбирают в соответствии с типом операций и их технологическими особенностями, характеристикой обрабатываемых материалов и т. д. Рекомендации по выбору СОТС для различных условий обработки металлов резанием и давлением приведены в предыдущем разделе. При выборе СОТС для конкретных технологических условий следует иметь в виду эффективный способ подачи их в зону обработки (свободно падающей или напорной струей, в распыленном состоянии, через каналы в инструменте, поры шлифовальных кругов и др.).

При использовании масляных СОТС оборудование — емкости, поддоны, фильтрующие устройства, трубопроводы — очищают механическим способом и при необходимости промывают небольшим объемом свежей СОТС. Оборудование для приготовления, подачи и фильтрования водосмешиваемых СОТС и при их замене тщательно очищают, промывают и дезинфицируют. Например, подготовка индивидуальной системы подачи и фильтрования водосмешиваемой СОТС отдельного металлорезающего станка включает следующие этапы:

слив отработанной СОТС;

механическая очистка емкости, поддона, доступных частей станка от донных осадков, наливов, пленок;

заполнение емкости (на половину — треть объема) горячим (40—60 °С) водным раствором моющего и дезинфицирующего средства;

циркуляция раствора в системе в течение 0,5—2,0 ч (в зависимости от объема системы и степени ее загрязненности);

слив промывного раствора.

Совместимы с эмульсиями и водными растворами СОТС и можно применять для очистки оборудования следующие средства:

технические моющие средства в виде 1—2%-х водных растворов — Лабомид-101, Лабомид-203, КМ-1, Аполир-К, ИМФ-1, Олннол-1, Вертолии-74, МС-6, МС-8, МС-15, ТМС-51, Полика, МЛ-51, МЛ-72;

дезинфицирующие средства — бактерицидные присадки Вазин, Формацид-13, Азин-1, Азин-2 (0,3—0,5%-е растворы), фурацилин (0,01—0,02%-й раствор).

Для промывки металлообрабатывающего оборудования, в частности крупных централизованных фильтрующих систем подачи СОТС, разработаны специальные моюще-дезинфицирующие средства (МДС), например МДС-1 (ТУ 38 101974—84).

Периодичность очистки и дезинфекции систем приготовления и подачи СОТС зависит от объема систем, типа и свойств СОТС, условий их эксплуатации. Согласно ГОСТ 12.3.025—80 очистку емкостей для приготовления СОТС, трубопроводов и систем подачи следует проводить один раз в 6 мес для масляных и один раз в 3 мес для водных. Подготовленную систему циркуляции СОТС заполняют свежей жидкостью.

Большинство масляных СОТС поставляют готовыми к применению и перед заправкой в станок тщательно перемешивают. Некоторые масляные СОТС, например ЛЗ-СОЖ 2СИО, ЛЗ-СОЖ 2СО, ЛЗ-СОЖ 1ПО готовят на предприятиях-потребителях растворением концентратов ЛЗ-26СО (7 и 20%), ЛЗ-23ПО (20%) в минеральных маслах. Продукты МР-5У и МР-99, представляющие собой концентраты, перед употреблением разбавляют в минеральных маслах (индустриальных И-5А, И-12А, И-20А, И-25А по ГОСТ 20799—75 или масле веретенном АУ по ГОСТ 1642—75). Перемешивают концентраты и масляные СОТС на их основе вручную или с помощью мешалок, сжатого воздуха, инертного газа и др.

Водосмешиваемые СОТС готовят в два этапа, которые включают подготовку воды и смешение эмульсола или концентрата с водой. Вода для приготовления эмульсий и растворов водосмешиваемых СОТС должна отвечать нижеперечисленным требованиям:

отсутствие грубодисперсных примесей,
общая жесткость для большинства 2—7 мэкв/л,
рН 5,2—7,0,
температура 15—30 °С,

содержание хлоридов не более 30 мг/л — для растворов синтетических СОТС и 80 мг/л — для эмульсий,

содержание сульфатов 150—170 мг/л (для большинства),
содержание микроорганизмов не более $1 \cdot 10^2$ клеток на 1 мл.

На практике применяют следующие методы умягчения и деминерализации воды: термические, реагентные, ионного обмена и магнитные.

Для приготовления эмульсий и растворов СОТС может быть использована смесь парового конденсата с технической водой в соотношениях, обеспечивающих требуемую жесткость. Воду перед приготовлением СОТС дезинфицируют различными методами — хлорированием, озонированием, введением бактерицидов, радиационной, ультразвуковой, электрической и электрохимической обработкой, ультрафильтрацией. Подготовленную таким образом воду смешивают с тщательно перемешанным концентратом СОТС.

Свободные кислоты, содержащиеся в эмульсолах ЭТ-2, ЭГТ, РЗ-СОЖ, НГЛ-205, нейтрализуют во время приготовления эмульсий введением 0,2—0,3% карбоната натрия или 0,2% тринатрийфосфата. Для повышения антикоррозионных свойств эмульсий из этих эмульсолов в свежеприготовленную эмульсию добавляют до 0,3% нитрита натрия или 1% бензоата натрия. Для интенсификации смешения концентрата и воды применяют различные методы и оборудование — механические смесители с пропеллерными и турбинными мешалками, гомогенизаторы, коллоидные мельницы, гидродинамические вибраторы и др.

В приготовленные эмульсии, особенно при их эксплуатации в централизованных групповых и фильтрующих системах, рекомендуется вводить следующие бактерицидные присадки:

Наименование (концентрация, %)	Технические условия	Предприятие-изготовитель
Вазин (0,3)	ТУ 6 094735—80	Шосткинский завод химических реактивов
Формацид-13 (0,3)	ТУ 6 095064—83	То же
Азин-1 (0,3)	ТУ 6 095072—82	»
Азин-2 (0,3)	ТУ 6 095094—84	»
Фурацилин (0,01)	ГФ 10, ст. 295	ПО «Олайнфарм»

Свежеприготовленные эмульсии и растворы СОТС должны быть также проанализированы по физико-химическим показателям.

В процессе эксплуатации в той или иной мере качество их изменяется: ухудшаются технологические показатели металлообработки, появляется дым и туман, меняется внешний вид СОТС, ухудшаются защитные (антикоррозионные) свойства и др. Поэтому осуществляют текущий контроль и проводят корректировку в соответствии с ГОСТ 12 3025—80 для СОТС на масляной основе — не реже одного раза в месяц, для эмульсий — не реже одного раза в неделю, для синтетических и по-

луситетических жидкостей — не реже одного раза в две недели. Показатели, методы контроля и нормы качества указаны в технических условиях на каждый продукт, включают и дополнительные показатели (концентрация, содержание микроорганизмов, «иородного» масла и др.).

Резервами повышения эффективности и экономии СОТС являются также их активация (ультразвуковая, электрическая, магнитная, термическая, ионизирующим излучением и др.) и рекуперация, заключающаяся в извлечении СОТС из стружки (центрифугированием, отстоем) и аэрозолей воздуха.

Отработанные масляные и водосмешиваемые СОТС можно использовать в качестве закалочных и консервационных сред, смазок литейных форм, форм в производстве железобетона и кирпича, основ для изготовления грунтовок, мастик, моющих растворов, составов для пропитки древесины и т. п.

При эксплуатации на машиностроительных предприятиях возможно вредное воздействие СОТС на организм человека — специфическое местное воздействие на кожный покров, раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаза, общее резорбтивное действие на организм. Поэтому применение СОТС должно в обязательном порядке сопровождаться профилактическими гигиеническими мероприятиями.

Глава 9

ПРИСАДКИ К МАСЛАМ

В связи с бурным развитием машиностроения к качеству смазочных материалов предъявляют довольно жесткие требования. Базовые масла не в состоянии обеспечить необходимый уровень эксплуатационных свойств смазочных масел, и это достигается только с помощью присадок. Присадки способствуют уменьшению износа и коррозии, образования нагара, лака и осадков и в то же время вызывают изменения физических свойств базовых масел. По действию на смазочные масла присадки подразделяют на следующие типы:

антиокислительные — повышают антиокислительную устойчивость масел,

антикоррозионные — защищают металлические поверхности от коррозионного воздействия кислотных и серосодержащих продуктов и влаги,

моюще-диспергирующие — способствуют снижению отложения продуктов окисления на металлических поверхностях,

противоизносные, противозадирные и антифрикционные — улучшают смазочные свойства масел,

депрессорные — понижают температуру застывания масел, вязкостные — улучшают вязкостно-температурные свойства масел,

антипенные — предотвращают вспенивание масел.

Некоторые присадки улучшают одновременно несколько свойств смазочных масел, их называют многофункциональными. Все присадки должны хорошо растворяться в смазочных маслах и не должны давать осадков при транспортировании и хранении.

АНТИОКСИДТЕЛЬНЫЕ ПРИСАДКИ

При работе двигателей и механизмов смазочные масла находятся в контакте с воздухом, часто при повышенных температурах. В таких условиях и при каталитическом воздействии металлов смазочные масла окисляются. Образуются продукты кислотного характера, которые вызывают коррозию металлических деталей, и углеродистые отложения, которые нарушают нормальную работу механизмов. Процесс окисления смазочных масел предотвращают введением в их состав антиокислительных присадок. Эти ингибиторы действуют в двух направлениях — одни разрушают свободные радикалы (разрывают цепь), а другие взаимодействуют с пероксидами, образующимися в процессе окисления.

Самыми распространенными антиокислителями, действие которых направлено на разрыв цепи, являются соединения типа пространственно затрудненных фенолов и ароматических аминов различного строения. Будучи веществами активными, они легко отдают свой водород радикалам, переводя их в неактивное состояние. Эффективность фенольных антиокислителей значительно возрастает, если алкильные группы замещаются: две в *орто*- и одна в *пара*-положения, и еще более усиливается, если *орто*-заместителями являются третичные алкильные группы (например, трибутил), а *пара*-заместителем — первичная. Наиболее широко используют в маслах различного назначения 2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол [агидол-1, ионол и 4,4'-метиленбис(2,6-ди-*трет*-бутилфенил)]; второе соединение, обладая меньшей летучестью, более эффективно при повышенной температуре.

Антиокислители фенольного и аминного типов применяют в основном в промышленных и энергетических маслах. В моторных маслах используют преимущественно дитиофосфаты металлов, антиокислительное действие которых основано на разрушении пероксидов. Получают дитиофосфаты реакцией спиртов или алкилфенолов с пентасульфидом фосфора (P_2S_5)

и последующей нейтрализацией дитиофосфорных кислот. Состав и строение дитиофосфатов определяют их эффективность. Дитиофосфаты, полученные при взаимодействии спиртов, обладают более высокой гидролитической стабильностью, чем полученные на алкилфенолах, но последние имеют более высокую термическую стабильность. Термическая стабильность диалкилдитиофосфатов возрастает с увеличением длины алкильной цепи; она выше также у диалкилдитиофосфатов, полученных на нормальных спиртах, чем на спиртах изостроения.

Антиокислители дитиофосфатного типа придают маслам также высокие противоизносные и антикоррозионные свойства, поэтому этим соединениям уделяют большое внимание и ассортимент их значителен.

Характеристики антиокислительных присадок приведены в табл. 9.1.

Присадка ДФ-11 (ОСТ 3801398—86) — 50%-й раствор в масле диалкилдитиофосфата цинка, полученного на основе изобутанола и 1-этилгексанола. Улучшает не только антиокислительные, но и противоизносные и антикоррозионные свойства смазочных масел. Применяют в маслах различного назначения в концентрации 1,0—2,5%.

Присадка ДФБ (ТУ 38 1011131—87) — концентрат диалкилдитиофосфата цинка, модифицированного бором в масле. Технология получения присадки позволяет получать ее с повышенным рН. Является термостабильной присадкой и обладает, помимо антиокислительных, антикоррозионных и противоизносных свойств, антифрикционным действием. Применяют в составе моторных масел в концентрации 1,0—2,2%.

Присадка ДФ-1 (ГОСТ 10644—77) — масляный раствор диалкилдитиофосфата бария, полученного на основе высокомолекулярных спиртов. Присадку вводят в состав моторного масла в концентрации 2%.

Основными стадиями процесса получения присадок ДФ-11 ДФБ и ДФ-1 являются обработка спиртов пентасульфидом фосфора, нейтрализация диалкилдитиофосфорных кислот, отделение механических примесей и отгонка растворителя.

Присадка ВНИИ НП-354 (ТУ 38 101680—77) представляет собой раствор диалкилфенилдитиофосфата цинка в масле. Для производства присадки используют промышленный алкилфенол. Является термостабильным продуктом, обладает антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным действием. Вводят в состав моторных масел различного назначения в концентрации 2,0—2,2%.

Присадка ИХП-21 (ТУ 38 101724—82) является барьерной солью продукта конденсации алкилфенола с формальдегидом и аммиаком, обработанного P_2S_5 . Улучшает антиокислительные, антикоррозионные и противоизносные свойства, обладает

Таблица 9.1. Характеристики антиокислительных присадок

Показатель	ДФ-11	ДФВ**	ДФ-1
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	5—10	5—10	≤20
Степень чистоты, мг/100 г, не более	200	—	—
Содержание, %, элементов:			
фосфора	4,4—4,9	4,5—5,7	≥1,6
серы	—	—	—
цинка (бария)	4,7—5,6	5,4—6,2	(≥3,8)
кальция (азота)	—	—	—
механических примесей	—	≤0,1	≤0,08
воды	Следы	Отсутствие	≤0,06
Зольность сульфатная (оксидная), %	—	—	9,0—10,5
pH в спиртобензольной или спирто-толуольной смеси, не менее	5,5	6,0	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	165	170	165
Показатели базового масла с присадкой*:			
концентрация присадки, %	1,2	1,2	3,5
коррозионность, г/м ² , не более	5	5	5
термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	—	—	32
моющие свойства по ПЗВ, балл, не более	—	—	1,5
Смазывающие свойства***, D _и , мм, не более	0,5	0,5	0,7

* Нормируют также: для КАСП-1 стабильность по ИПО при концентрации присадки

** В присадке ДФВ присутствует бор.

*** Определяются для базового масла с присадкой на ЧШМ при осевой нагрузке

высокой термоокислительной стабильностью. Применяют в моторных маслах М8В и М-16ИХП-3 в концентрации 2,4—2,6%.

Присадка МНИИП-22К (ГОСТ 9832—77) — кальциевая соль производной диалкиларилдитиофосфорной кислоты; последнюю получают обработкой алкилфенола монохлоридом серы с последующим взаимодействием бис(алкилфенол)дисульфида с Р₂С₅. Улучшает антиокислительные, антикоррозионные и моющие свойства моторных масел, предназначенных для применения в транспортных дизелях. Вводят в состав масел в концентрации 4,0—4,6%.

Присадка КАСП-13 (ТУ 38 101831—85) представляет собой 50—60%-й раствор бариевой соли производных салициловых и алкиларилдитиофосфорных кислот в масле И-12А. Улучшает антиокислительные, антикоррозионные и противозносные свойства масел.

ВНИИП-354	ИХП-21	МНИИП-22К	КАСП-13	«Борин»
19—25	20—32	16—25	≤400	≤150
—	500	1000	800	600
≥2,3	≥1,4	≥1,7	0,6—1,6	—
≥4,5	≥2,5	≥5,0	1,2—1,8	—
2,4	(≥5,0)	—	—	—
—	—	≥4,0	—	(0,4—1,5)
≤0,1	≤0,1	≤0,15	≤0,08	≤0,08
Следы	≤0,06	≤0,10	≤0,10	≤0,15
—	≤11,0	(11—14)	≤28,5	—
2,7	—	—	—	—
165	180	180	180	145
2,0	2,4	4,5	2,5	5,0
5	5	1,0	5	—
50	70	60	70	30
—	—	1,0	1,0	—
—	—	—	—	—

1% — не менее 10 г.

2 МПа, при 20±5 °С в течение 1 ч.

Присадка «Борин» (ТУ 38 1011003—84) — 50%-й раствор модифицированного основания Маннинга, полученного конденсацией алкилфенолов гексаметилентетраминном или аммиаком и формальдегидом в масле. Улучшает антиокислительные свойства минеральных масел.

Присадка ДБК антиокислительная дибутил-*n*-крезол (ГОСТ 10894—76), известна также под названием 2,6-ди-*трет*-бутил-*n*-крезол, агидол-1, ионол и др. Выпускают присадку двух марок, применяют для повышения антиокислительных свойств масел различного назначения. Характеристика присадки дана в главе 1 (см. табл. 1.4).

Агидол-2 (НГ-2246) (ТУ 38 101617—80) представляет собой продукт формальдегидной конденсации *о-трет*-бутил-*n*-крезола, полученного для марки А алкилированием *n*-крезола изобутиленом, для марки Б — деалкилированием или переалкилирова-

нием **покола**. Используют для стабилизации масел, смазок, каучуков и других продуктов. Выпускают двух марок: марка А высшей категории качества и марка Б. Характеристика присадки Агидол-2 приведена ниже:

	Марка А	Марка Б
Внешний вид	Порошок белого цвета	
Температура начала плавления, °С	> 128	126—128
Зольность, %, не более	0,1	0,1
Содержание основного вещества, %, не менее	99,6	—

МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИЕ ПРИСАДКИ

Для уменьшения образования углеродистых отложений и осадков в двигателях и механизмах широкое применение нашли моющие (детергентные) и диспергирующие присадки.

Моющие присадки

Соединения, обладающие детергентным действием, содержат в своей молекуле полярные группы, которые препятствуют оседанию смолистых и углеродистых веществ на металлических поверхностях и предупреждают тем самым образование лаков и отложений. Кроме того, детергенты могут вступать в химическое взаимодействие с промежуточными продуктами окисления кислотного характера, проявляя при этом нейтрализующее действие. В качестве детергентных присадок используют соли сульфокислот, алкилсалициловых, фосфиновых, фосфоновых и других кислот, а также алкилфеноляты различного строения.

Сульфонатные присадки (табл. 9.2)

Сульфонатные присадки являются основным типом детергентно-диспергирующих присадок, их вводят в большинство моторных масел, вырабатываемых промышленностью. Они являются продуктами нейтрализации сульфокислот металлическими основаниями или оксидами



где R — радикал углеводорода молекулярной массой ≥ 350 , что должно обеспечить растворимость сульфонатных присадок в смазочных маслах. Основным показателем сульфонатных присадок, характеризующих их свойства, является содержание активного вещества — сульфоната металлов (не менее 28%).

Сульфонаты выпускают на основе нефтяного и синтетического сырья. Нефтяные сульфонаты вначале были побочными продуктами обработки нефтяных фракций серной кислотой в производстве белых масел. Когда потребность в моющих присадках возросла, сульфонаты стали целевыми продуктами.

В качестве нефтяного сырья применяют как дистиллятные, так и остаточные фракции масел селективной очистки или смеси этих фракций. Синтетические сульфонаты в течение многих лет получали из остатков перегонки додецилбензола, а в последние годы используют высококипящие алкилбензолы, алкилнафталины и полиолефины, специально приготовленные. Сульфирующими агентами являются олеум, серная кислота, газообразный триоксид серы, триоксид серы в растворителях.

Большинство сульфонатных присадок представляют собой соли бария, кальция или магния. При современной тенденции к применению масел с более низким содержанием золы магний становится все более популярным, хотя с точки зрения экономики предпочитают использовать кальций. В зависимости от содержания металла различают нейтральные, средне- и высокощелочные сульфонатные присадки. Нейтральные сульфонаты представляют собой коллоидный раствор сульфоната в минеральном масле. Средне- и высокощелочные сульфонаты содержат дисперсию карбонатов, оксидов и гидроксидов металлов, стабилизированную коллоидной структурой сульфоната. Среднещелочные сульфонаты кальция имеют щелочное число 70... 150 мг КОН/г, высокощелочные — ≈ 300 мг КОН/г; содержание металла в них соответственно в 5 и 10 раз выше стехиометрического.

Присадка ПМС (ТУ 38 101334—73) — многозольный сульфонат кальция, полученный на основе сульфокислот масляных фракций. Сырьем для изготовления служит базовое масло ДС-14 из смесей различных сернистых нефтей*. Придает маслам моющие свойства; применяют в моторных маслах различного назначения в концентрации 2,2... 18,0%.

Присадка С-150 (ТУ 38 101685—84) — коллоидная дисперсия карбоната кальция в масле И-20А, стабилизированная сульфонатом кальция. Изготавливают высшей и первой категории качества. Улучшает моющие и нейтрализующие свойства моторных масел; добавляется в концентрации от 1,5 до 5,0%.

Присадка С-300 (ТУ 38 101444—76) — высокощелочная сульфонатная присадка, представляющая собой коллоидный 20—25%-й раствор карбоната кальция в масле-разбавителе, содержащем 28—30% сульфоната кальция. Используют в моторных маслах для смазывания судовых дизелей в концентрации до 22%.

Присадка ПМСя (бариевая) (ТУ 38 101574—75) является 40—45%-м раствором сульфоната бария в масле-разбавителе. Исходным сырьем служат маслорастворимые сульфокислоты,

* Взамен присадки ПМС с 1989 г. организовано производство присадки КНД (ТУ 38 401623—87).

Таблица 9.2. Характеристики сульфонатных присадок

Показатель	ПМС	КНД	С-150	С-300
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	≤45	≤80	≤60	≤160
Содержание, %:				
кальция (бария)	≤3,0	≤4,0		11,5—14,0
сульфоната металла, не менее	18	28	28	28
механических примесей, не более	0,10	0,08	0,08	0,10
воды, не более	0,10	0,12	0,12	0,20
Зольность сульфатная, %	≥11	—	17—24	—
Общая щелочность, мг КОН/г	70—85	120—150	120—150	280—310
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	180	185	180	190
Степень чистоты, мг/100 г, не более	2500	—	2600	5000

Примечания.

1. Для присадок ПМСя — стабильность по ИПО в базовом масле М-11 (50 ч) —
2. Показатели базового масла с 10% присадок СБ-3 и СБ-3у соответственно: корро-

получаемые при выработке белых масел. Применяют в моторном масле М-14ГБ в концентрации 3,2%.

Присадка ПМСя (кальциевая) (ОСТ 38 01413—86) — кальциевая соль нефтяных сульфокислот; имеет щелочное число 65—80 мг КОН/г и содержит 23—25% сульфоната бария. Сырьем для получения присадки являются сульфокислоты, получаемые в качестве побочных продуктов при производстве белых масел. Используют в моторных маслах различного назначения в концентрации 1,5—5,0%.

Присадки СБ-3 (ГОСТ 10534—78) и **СБ-3у** (ОСТ 38 01287—82) являются нейтральными сульфонатами бария. Получают сульфированием базового дистиллятного масла селективной очистки газообразным триоксидом серы с последующим отстоем кислого гудрона и нейтрализацией полученного сульфированного масла гидроксидом бария. Применяют для улучшения моющих свойств моторных масел в концентрации 2—3%.

Присадка НСК (ТУ 38 401539—86) представляет собой раствор нейтрального сульфоната кальция в масле. Получают на основе глубокоочищенных масляных фракций из западносибирских нефтей. Выбатывают с активным веществом НСК-2 и содержанием 38—45% сульфоната кальция. Присадка предназначена для улучшения моющих свойств моторных масел групп Г и Д, рекомендуемая концентрация — 8...13%.

Алкилфенольные присадки (табл. 9.3)

В большую группу моющих присадок входят соли алкилфенолов, алкилфенолсульфидов и продуктов конденсации алкилфенолов с альдегидами. Чтобы присадки этой группы были

ПМСя бариевая	ПМСя кальциевая	СБ-3	СБ-3у	НСК	НСВ
≤40	20—32	13—16	13—18	≤100	≤60
(≥12)	4,5—6,0	(≥3,7)	(≥3,3)	—	(≥5,0)
23	26	12	10	38—45	30—35
0,05	0,03	0,12	0,10	0,10	0,10
0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,20
21	16—20	6—8	5,0—6,6	≥4,5	9—18
≥65	100—130	10—20	10—13	≤30	≤30
165	165	210	200	180	175
500	500	700	650	—	—

выдерживает.

зионность — не более 3 и 5 г/м², моющие свойства по ПЗВ — не более 0,5 балла.

растворимыми в маслах, их олеофильная часть должна содержать не менее 8 атомов углерода.

Наиболее распространены алкилфеноляты кальция и бария, их получают взаимодействием замещенных фенолов и оксидов (или гидроксидов) металлов. Присадки с повышенной щелочностью получают введением в их состав карбоната щелочноземельного металла, при этом образуется система из алкилфенолята и дисперсии карбоната металла.

Алкилфенольные присадки — самые массовые присадки, что обусловлено широким спектром их эксплуатационных свойств и доступностью исходного сырья. Разнообразие эксплуатационных свойств присадок достигается введением в их состав различных функциональных групп. При введении серы снижается агрессивность смазочных масел по отношению к металлам подшипников, а наличие метиленовых групп способствует повышению стойкости к окислению; присадки с повышенной щелочностью (высокощелочные) способствуют повышению нейтрализующих свойств.

Помимо моющего действия алкилфенольные присадки могут обладать антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным действием.

Присадка ЦИАТИМ-339 (ТУ 38 101917—82) является дисульфидалкилфенолятом бария, полученным взаимодействием алкилфенола с монохлоридом серы и дальнейшей нейтрализацией гидроксидом бария. Улучшает моющие и антикоррозионные свойства моторных масел; применяют в концентрациях 3—6%.

Присадка ВНИИНП-360 (ГОСТ 9899—78) — продукт взаимодействия двух соединений — алкилфенолята бария (ВНИИНП-

Таблица 9.3. Характеристики алкилфенольных присадок
[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ЦИАТИМ-339	ВНИИП-360	ВНИИП-370	ВНИИП-371	БФКу	ИХП-101
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	15—25	13—20	30—50	20—60	120—150	40—70
Зольность, %	9,0—11,0	13,5—17,0	7,0	≥12,0	≤15,3	11,5—14,0
Содержание элементов, %:						
бария (кальция)	≥5,0	≥7,8	(≥2,0)	≥7,0	≥8,2	≥6,5
цинка	—	≥0,6	—	—	—	—
фосфора	—	≥0,8	—	—	—	—
серы	4,0—5,5	≥1,4	—	—	—	—
хлора, не более	≤0,2	—	—	—	—	—
механических примесей	≤0,1	≤0,08	≤0,05	≤0,15	≤0,1	≤0,16
воды	≤0,08	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,2	≤0,1
Степень чистоты, мг/100 г	800	500	1300	—	320	520
Щелочное число, кг КОН/г, не менее	30	50	35	40	65	59
Цвет (разбавление), ед. ЦНТ, не более	7 (3:97)	6 (15:85)	—	—	—	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	—	150	150	165	157	165
Показатели базового масла с присадкой:						
концентрация присадки, %	3	5	5	10	8	10
коррозионность, г/м ² , не более	15	8,0	5,0	—	20	18
моющие свойства по ПЗВ, балл, не более	1,5	1,0	1,0	[*]	0,5	0,5

350) и диалкилфенилдитиофосфата цинка (ВНИИП-354) в соотношении 2,5:1,0. Обладает моющими, антикоррозионными и противозносными свойствами; вводят во многие моторные масла различного назначения в концентрации 3,5—6,0%.

Разработана присадка ВНИИП-360А, улучшенного качества, которая превосходит присадку ВНИИП-360 по содержанию бария, цинка, серы и по щелочности, что позволило повысить ее эксплуатационные свойства.

Присадка ВНИИП-370 (ГОСТ 12262—76) относится к алкилфенольным присадкам формальдегидной конденсации. Представляет собой раствор в минеральном масле кальциевой соли продуктов алкилфенолформальдегидной конденсации. Обладает моющими и антикоррозионными свойствами, применяют в моторных маслах для дизелей в концентрации 5—15%.

Присадка ВНИИП-371 (ТУ 38 101944—85) представляет собой масляный раствор бариевой соли продуктов конденсации алкилфенола с формальдегидом. Используют в трансмиссионном масле ТСз-9гип в концентрации 2%.

Присадки БФКу (ОСТ 38 01306—83) и ИХП-101 являются бариевыми солями продуктов конденсации алкилфенолов с формальдегидом в кислой среде. Применяют в моторных маслах в концентрации от 6 до 10%. При получении присадки ИХП-101 достигается большая глубина нейтрализации, чем при изготовлении присадки БФКу, поэтому содержание активных элементов в присадке ИХП-101 выше. Выпускают присадку ИХП-104 в виде 50%-го концентрата в минеральном масле.

Алкилсалицилатные присадки (табл. 9.4)

Алкилсалицилатные присадки, обладая высокими моющими свойствами, придают маслам и антиокислительные свойства; они стойки к пресной и морской воде. Вырабатывают эти присадки в небольших объемах из-за сложности технологии и высокой стоимости. Они обеспечивают высокие детергентные и антиокислительные свойства масел при повышенных температурах, поэтому их используют в маслах для карбюраторных двигателей и форсированных дизелей. Алкилсалицилатные присадки представляют собой соли алкилсалициловых кислот; исходным сырьем для их производства служит алкилфенол, получаемый алкилированием фенола α-олефинами.

Присадка АСК (ОСТ 38 01243—81) — 50%-й концентрат алкилсалицилата кальция в минеральном масле. Основные стадии производства присадки: получение алкилфенолята натрия, карбоксилирование, получение алкилсалициловых кислот и нейтрализация гидроксидом кальция с последующим отделением механических примесей и отгоном растворителя. Присадка в концентрации ≥0,5% обеспечивает моторным маслам высокие антиокислительные свойства.

Таблица 9.4. Характеристики алкилсалицилатных присадок

Показатель	АСК	МАСК	АСБ
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	20—26	14—22	14—22
Содержание, %:			
алкилсалицилата кальция, не менее	—	25	—
свободного алкилфенола, не более	20	20	20
механических примесей, не более	—	0,08	0,08
воды, не более	0,08	0,10	0,08
Зольность сульфатная, %	6—7	13—17	10,5—12,0
Общая щелочность, мг КОН/г	50—60	110—140	46—54
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	185	190	185
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	800	100
Показатели базового масла с присадкой*:			
концентрация присадки, %	10	10	—
термоокислительная стабильность по методу Папок при 250 °С, мин, не менее	50	70	—

* Нормируется также для МАСК стабильность ИПО при концентрации присадки 10% — не менее 50 и коксуемость на плите масла М-20С с 25% присадки при температуре 315 °С в баллах, не более 1.

Присадка МАСК (ОСТ 38 01100—76) является 50%-м раствором алкилсалицилата кальция в масле, содержит дополнительно карбонат и гидроксид кальция. При получении присадки алкилсалициловые кислоты подвергаются обработке газобразным диоксидом углерода в присутствии промотора и избыточного (против стехиометрии) количества гидроксида кальция. Присадка обладает моющим, нейтрализующим и антиокислительным действием. Применяют в моторных маслах различного назначения в концентрации 3,8—14 %.

Присадка АСБ (ТУ 38 101422—77) — 50%-й раствор алкилсалицилата бария в масле с 20—25%-м избытком щелочи. При получении присадки алкилсалициловые кислоты нейтрализуют гидроксидом бария. Применяют в композиции с другими присадками для улучшения детергентных свойств моторных масел М-14ГБ и М-10ДК.

Допущены к применению присадки Детерсол-50 (ТУ 38 1011091—87) и Детерсол-140 (ТУ 38 1011090—88) — аналоги присадок АСК и МАСК соответственно.

Соли фосфорных кислот

За последние годы среди моющих присадок на основе фосфора важное промышленное значение приобрели и бариевые и кальциевые соли, получаемые из продуктов взаимодействия

сульфидов фосфора с углеводородами, главным образом полиолефинами. При этом получают как нейтральные, так и продукты высокой щелочности. Присадки тиофосфонатного типа отличаются от указанных выше моющих и антиокислительных присадок высоким уровнем эксплуатационных свойств в широком интервале температур.

Диспергирующие присадки

Присадки этого типа отличаются от металлсодержащих способностью диспергировать и поддерживать во взвешенном состоянии твердые частицы. При их применении в маслах уменьшается нагарообразование и образование низкотемпературных отложений (поэтому их называют беззольные диспергирующие присадки). Особенностью строения присадок является наличие в их молекулах олеофильной части — длинного углеводородного радикала, обеспечивающего растворимость присадки в масле, и полярной части — остатка полиалкиленполиамины или сложноэфирной группировки. К беззольным диспергирующим присадкам относятся сукцинимиды, высокомолекулярные основания Манниха, алкенилированные полиамины, полиэфиры и др. Наибольшее применение находят сукцинимиды и высокомолекулярные основания Манниха.

Сукцинимидные присадки получают преимущественно конденсацией полиолефинов (молекулярной массы 800—1200) или их галогенопроизводных с малеиновым ангидридом и дальнейшей обработкой полученных производных янтарного ангидрида аминами различного состава и строения, но предпочтение отдано полиалкиленполиаминам.

Высокомолекулярные основания Манниха получают конденсацией алкилзамещенного фенола, большой молекулярной массы, алкиленполиамины и альдегида, например формальдегида.

Беззольные диспергирующие присадки позволяют не только устранять шламы, образующиеся при низкотемпературных режимах работы двигателей, но и снизить концентрацию зольных детергентно-диспергирующих присадок.

Характеристики беззольных диспергирующих присадок приведены в табл. 9.5.

Присадка сукцинимидная С-5А (ТУ 38 101146—77) является имидопроизводным янтарной кислоты. Представляет собой 40—50%-й концентрат алкинилсукцинимиды в масле и непроцеживавшем полибутене. Синтез присадки включает две основные стадии: получение алкенилянтарного ангидрида взаимодействием полибутена с малеиновым ангидридом, синтез алкенилсукцинимиды из алкенилянтарного ангидрида и полиамины. Присадка обладает высокими диспергирующими свойствами, хорошей растворимостью в маслах, обусловленной на-

Таблица 9.5. Характеристики беззольных диспергирующих присадок

Показатель	С-5А	«Диепрол», категории качества	
		высшей	первой
Вязкость кинематическая, при 100 °С, мм ² /с	150—300	150—300	150—400
Содержание, %:			
азота, не менее	1,4	1,0	1,0
активного вещества, не менее	40	40	36
свободных полиаминов, не более	0,8	—	—
бора, не менее	—	0,15	0,15
механических примесей, не более	0,06	0,06	0,08
воды, не более	0,1	0,1	0,1
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	20,0	17,0	16,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	4,0	—	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	160	182	182
Степень чистоты, мг/100 г, не более	400	400	400
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	6	7	7
Показатели базового масла с 1,2% ДФ-11*:			
концентрация присадки, %	1,5	—	—
коррозионность, г/м ² , не более	10	—	—
моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	—	—

* Нормируется также ИПО базового масла И-20А с 1,5% присадки «Диепрол» не более 8 ч и диспергирующая способность присадки «Диепрол» — не менее 60 ед. ДС.

личием высокомолекулярного углеводородного радикала с удовлетворительной нейтрализующей способностью, вызванной присутствием аминных групп.

Присадка «Диепрол» (ТУ 38 УССР 201348—84) является производной алкилфенола, замещенного в орто-положении, и представляет собой высокомолекулярное основание Манниха, модифицированное борной кислотой. Вырабатывают присадки высшей и первой категории качества. Присадка «Диепрол» более термостабильна, чем присадка С-5А, и рекомендуется к применению в маслах, работающих при повышенных температурах в концентрации 2—3%.

ПРИСАДКИ, УЛУЧШАЮЩИЕ СМАЗЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ

Для улучшения смазывающей способности масел и обеспечения нормальной работы современных тяжело нагруженных двигателей и механизмов применяют противозадирные, противоизносные и антифрикционные присадки. Противоизносные присадки предотвращают интенсивный износ трущихся поверхностей при

умеренных нагрузках, противозадирные — предотвращают заедание при сверхвысоких нагрузках, повышая критическую нагрузку заедания, а антифрикционные снижают или стабилизируют коэффициент трения.

В качестве противоизносных и противозадирных присадок для моторных масел используют производные дитиофосфорных кислот и осерненные углеводороды, для трансмиссионных и промышленных масел — композиции серофосфоразотсодержащих присадок. В качестве антифрикционных присадок применяют различные беззольные полярно-активные соединения, маслорастворимые молибден- и борсодержащие продукты, а также неорганические дисперсии, содержащие Мо, В, графит и др. В отечественной практике в настоящее время в моторных маслах в качестве противоизносных присадок применяют присадки ДФ-11, ДФ-1, ВНИИНП-354, ДФБ и МНИИП-22К (описание их приведено в разделе «Антиокислительные присадки»).

Характеристики присадок, улучшающих смазывающие свойства масел, представлены в табл. 9.6.

Присадки ЭФО (ГОСТ 14625—78) — цинкобариевая соль изобутилового эфира арилдитиофосфоновой кислоты. Применяют в качестве противоизносной присадки к тракторным трансмиссионным маслам. Обладает также антиокислительным и депрессионным действием, вводят в масла в концентрации 5—6%.

Присадка АДТФ (ТУ 38 101105—84) является 50%-м раствором смеси аминной соли и амида диалкилдитиофосфорной кислоты в масле. Улучшает антифрикционные и противоизносные свойства трансмиссионных и промышленных масел. Вырабатывают присадки высшей категории качества.

Присадка ЛЗ-309/2 (ТУ 38 101748—78) серохлорфосфорсодержащее соединение, представляющее собой триэфир дитиофосфорной кислоты. Улучшает противоизносные свойства трансмиссионного масла ТСз-9 гнп.

Присадка ВИР-1 (ТУ 38 101799—83) — многокомпонентная, хорошо сбалансированная серофосфоразотсодержащая присадка. Защищает трансмиссию от повреждений в условиях высоких нагрузок и скоростей, обладает высокими антиокислительными и антифрикционными свойствами. Трансмиссионные масла с присадкой ВИР-1 по уровню смазывающих свойств удовлетворяют требованиям к маслам различных серий, включая ТМ-4 и ТМ-5. Применяют в концентрации 4,0—6,5% в трансмиссионных маслах и 2,0—3,5% — в промышленных маслах.

Присадка ОТП (ОСТ 38 018—81) — продукт осернения фракции 160—250 °С полимеров олефинов С₃—С₅; является эффективной противозадирной присадкой. Повышает эксплуатационные свойства трансмиссионных масел и снижает их расход; вводят в концентрации 6—9%.

Присадка АБЭС (ТУ 38 101327—77) представляет собой бис(алкилбензилтио)этан. Предназначена для улучшения противозадирных свойств промышленных и трансмиссионных масел.

Присадка ЛЗ-23К (ГОСТ 11883—77) — продукт взаимодействия изопропилксантогената калия с дихлорэтаном. Улучшает противозадирные свойства моторных масел в концентрации 0,5% и трансмиссионных масел в концентрации 5—6%.

Присадка КИНХ-2 (ТУ 38 101980—84) представляет собой полисульфидированный изобутен, получают хлорсульфидированием изобутена монохлоридом серы и последующей обработкой продукта реакции сульфидом натрия. Улучшает противозадирные свойства смазочных материалов. Вырабатывают присадку высшей категории качества.

Присадка ИХП-14А (ТУ 38 АзССР 20278—81) представляет собой производное диалкилдитиокарбамата. Улучшает противозадирные свойства смазочных масел, в сочетании с другими присадками можно использовать в составе трансмиссионных масел серии ТМ-5.

Присадка БМА-5 (ТУ 38 101150—88) беззольная противоизносная присадка, представляющая собой тиоэфир диалкилдитиофосфорной кислоты. Применяют в составе моторных масел.

Таблица 9.6. Характеристики противоизносных и противозадирных присадок

Показатель	ЭФО	АДТФ	ЛЗ-309/2
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	≤50	—	≥1,8
Содержание, %:			
фосфора	≥1,4	≥3,3	≥6,0
серы	—	—	≥12,0
хлора (азота)	—	(≥2,0)	≥26
механических примесей	≤0,15	≤0,08	≤0,10
воды	Следы	Отсутствие	Следы
Кислотное число, мг КОН/г, не более	3,0	1,0	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	180	100	—
Показатели базового масла с присадкой:			
концентрация присадки, %	5,0	0,25	—
смазывающие свойства на ЧШМ:			
Р _к , Н, не менее	—	—	—
Р _с , Н, не менее	—	—	—
И _з , не менее	—	—	—
D _и (196 Н), мм, не более	0,4	0,6	—

Примечания.

1. Для присадки ЛЗ-23К: температура плавления не ниже 41 °С, для ИХП-14А, 2. Нормируется коррозия медных пластинок базового масла с присадками ЭФО, присадки ИХП-14А — не более 2С — определяется при добавлении к базовому маслу также

ДЕПРЕССОРНЫЕ ПРИСАДКИ

Способность масел сохранять подвижность при пониженных температурах определяется их химическим составом. Наличие высококипящих веществ, в первую очередь парафиновых углеводородов с прямой цепью, обуславливает застывание масел при понижении температуры. Подвижность масла теряется из-за образования кристаллической структуры твердых углеводородов масла. Понизить температуру застывания масел наряду с удалением высокоплавких углеводородов технологическими приемами можно введением в масла депрессорных присадок.

При этом снижение температуры достигается за счет модифицирования кристаллической структуры твердых углеводородов с сохранением подвижности масла.

Депрессорный эффект, оцениваемый разностью температур застывания масла без добавления и с добавлением депрессорной присадки, зависит как от химического состава масла, так и характера депрессатора. В качестве таких присадок применяют органические соединения, имеющие в своем составе алкильные цепи прямолинейного строения и определенной длины. К ним относятся продукты алкилирования фенолов и нафтали-

ВИР-1	ОТП	АБЭС	ЛЗ-23К	КИНХ-2	ИХП-14А	БМА-5
≤30	4,5—6,0	—	—	8—16	2,6±0,5 (50 °С)	1—3
≥1,5	—	—	—	—	—	≥7,5
≥29	≥20	≥19	38—43	≥42	32—34	—
(≥0,75)	—	≤0,1	≤0,2	≤0,8	(7,0—7,4)	—
≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,1	≤0,08	≤0,05	≤0,05
Следы	Отсутствие	—	—	≤0,03	Следы	—
—	—	—	—	—	—	≤5
110	100	150	—	120	—	140
6,5	6,0	—	5,0	4,5	5,0	1,1
1190	872	—	823	1120	1240	—
4000	3920	—	2764	5000	3920	—
58	52	—	50	70	62	—
0,5	—	—	0,9	—	0,5	0,6

температура застывания не выше минус 50 °С.

ВИР-1, ОТП, АБЭС, ЛЗ-23К не более 2С, с присадкой КИНХ-2 — не более 2В; коррозия присадок: 1,8% ПМА-Д+1,5% ДФ-11+0,003% ПМС-200А.

Таблица 9.7. Характеристики депрессорных присадок

Показатель	Депрессатор АзНИИ	АзНИИ — ЦИАТИМ-1	АФК	ПМА «Д»
Внешний вид	Жидкость	темно-коричневого цвета		Прозрачная вязкая жидкость
Вязкость кинематическая при 50 (100 °С), мм ² /с	—	(32—60)	(≥8,5)	750—1300
Содержание, %:				
бария	—	≥2,0	—	—
серы	—	3,0—4,5	—	—
хлора	—	≤2,0	≤1,6	—
зола	≤0,09	4,0—5,5	0,6—1,0	—
механических примесей	≤0,08	≤0,15	≤0,15	—
воды	Отсутствие	≤0,2	≤0,15	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ни- же	220	160	—	165
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,5	0,3	—

Примечания. Нормируют также: для присадки ПМА «Д» содержание активного вещества 30—40%; нерастворимых в толуоле примесей ≤0,07%; для присадки АзНИИ содержание водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

Снижение температуры застывания для присадки: АзНИИ при концентрации 0,1% в масле АК-15 не менее 10 °С, АФК при концентрации 1% в масле И-40А не менее 15 °С. Температура застывания масла И-20А (с исходной температурой застывания не выше минус 15 °С) при добавлении 0,5% (100%-й) присадки ПМА «Д» не выше минус 38 °С.

иов хлорированным парафином, а также полимерные продукты, в частности полимеры эфиров метакриловой кислоты.

Характеристики депрессорных присадок приведены в табл. 9.7.

Депрессатор АзНИИ (ОСТ 38176—74) высшей категории качества — продукт алкилирования нафталина хлорированным парафином в присутствии хлорида алюминия (предполагается, что при алкилировании образуется, как основной продукт, диалкилнафталин). Применяют в моторных, трансмиссионных и гидравлических маслах в концентрациях до 0,5%.

Присадка АзНИИ — ЦИАТИМ-1 (ГОСТ 7189—54) — продукт взаимодействия сульфида алкилфенола с гидроксидом бария (алкилфенол получают алкилированием фенола хлорированным парафином в присутствии хлорида алюминия). Добавляют в качестве депрессорной присадки к моторным и трансмиссионным маслам в концентрации 1%.

Присадка АФК (ГОСТ 12261—66) — продукт взаимодействия алкилфенола (такого же, как используемый для присадки АзНИИ — ЦИАТИМ-1) с гидроксидом кальция. Применяют аналогично присадке АзНИИ — ЦИАТИМ-1.

Присадка ПМА «Д» (ТУ 6-01-270—84) высшей категории качества — 30—40%-й раствор в масле И-20А полимеров эфи-

ров метакриловой кислоты и синтетических жирных первичных спиртов типа «Альфол» фракции C₁₂—C₁₈. Как депрессатор используют в моторных, трансмиссионных, гидравлических и других маслах в концентрации до 1%. Присадка обладает также загущающими свойствами, ее применяют в широком ассортименте масел для повышения вязкости и индекса вязкости.

ВЯЗКОСТНЫЕ ПРИСАДКИ

Вязкостные, или загущающие присадки предназначены для повышения вязкости и индекса вязкости масел. При их добавлении к маловязкой основе получают масла, обладающие пологой вязкостно-температурной кривой, с хорошей прокачиваемостью при низких температурах. С использованием вязкостных присадок получают всесезонные, северные и арктические масла. Присадки этого типа, наряду с присадками, улучшающими смазывающие свойства масел, позволяют создавать смазочные масла, обеспечивающие меньший расход топлива в двигателях. В качестве вязкостных присадок используют различные полимерные и сополимерные продукты: полиизобутены, полиметакрилаты, поливинилалкиловые эфиры, сополимеры олефинов, стиролдиеновые сополимеры.

Характеристики вязкостных присадок приведены в таблице 9.8.

Присадки КП-5, КП-10, КП-20 (ТУ 38101209—72) получают полимеризацией изобутена в присутствии хлорида алюминия при низких (до —35 °С) температурах; основой является полиизобутен в масляных растворах. Присадка КП-5 — раствор полиизобутена средней молекулярной массы 4000—6000 в трансформаторном масле; присадка КП-10 — раствор полиизобутена средней молекулярной массы 9000—15000 в масле И-12А; присадка КП-20 — раствор полиизобутена средней молекулярной массы 15000—25000 в масле И-12А.

Применяют в концентрациях от (2—3) до 20% (масс.) при получении загущенных моторных, промышленных, редукторных масел и гидравлических жидкостей.

Присадки ПМА «В-1», ПМА «В-2» представляют собой масляные растворы полимеров эфиров метакриловой кислоты и смеси синтетических первичных жирных спиртов фракции C₇—C₁₂ (ПМА «В-1») или спиртов фракции C₈—C₁₀ (ПМА «В-2»).

Присадка ПМА «В-1» (ТУ 6-01-979—84) — 58—65%-й раствор полиметакрилатов в масле МС-8. Применяют в моторных, трансмиссионных, гидравлических маслах в концентрациях до 18%. Обладает высокой стабильностью к механической деструкции и умеренной загущающей способностью в связи со сравнительно небольшой условной молекулярной массой.

Присадка ПМА «В-2» (ТУ 6-01-692—77), высшей категории качества — 30—35%-й раствор полиметакрилатов в масле И-20А. Применяют в моторных маслах и рабочих жидкостях для гидравлических систем в концентрации до 6%. Обладает лучшей, по сравнению с присадкой ПМА «В-1», загущающей способностью, но уступает ей по стабильности и механической деструкции.

Присадка ВИНПОЛ ВБ-2 (ТУ 6-01-744—77) представляет собой полимер винил-н-бутилового эфира и предназначен в качестве загущающей присадки в производстве гидравлических, компрессорных и других масел.

Присадка ИХП-234 (ТУ 38 001303—78) — 20—25%-й раствор в масле И-12А кальциевой соли сульфированного полиизобутена КП-10. Загущающая многофункциональная присадка, предназначена для создания всесезонных моторных, гидравлических и других масел.

Присадка Атапол (ТУ 38 101996—84) представляет собой 30%-й концентрат атактического полипропилена в масле И-20А. Предназначена для получения загущенных моторных, трансмиссионных, промышленных и других минеральных масел, а также для улучшения вязкостно-температурных свойств дистиллятных и остаточных масел.

Таблица 9.8. Характеристики вязкостных присадок

Показатель	КП-5	КП-10	КП-20
Внешний вид	—	—	—
Вязкость кинематическая при 100 °С (50 °С), мм ² /с	≤1000	≤1000	≤1000
Содержание, %:			
активного вещества	≥65	≥30	≥25
механических примесей	≤0,30	≤0,10	≤0,10
воды	≤0,2	—	—
зола	≤0,08	≤0,08	≤0,08
Условная молекулярная масса	4000—6000	9000—15000	15000—2500
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	150	165	165
Загущающая способность по отношению к масляной основе в пересчете на 5%-й раствор присадки, мм ² /с	—	3,5—8,5	8,5—15

* 20%-й раствор в бензоле при 20 °С.

Примечание. Нормируются также: загущающая способность 1%-го раствора в присадке ИХП-234 5—9%.

АНТИПЕННЫЕ ПРИСАДКИ

Смазочные масла склонны к образованию стабильной пены в процессе работы двигателей, узлов и механизмов. Тенденция к образованию пены, усиливающаяся за счет присутствия в масле моюще-диспергирующих и других присадок, приводит к нежелательному выбросу и потере масла, а также к снижению эффективности его использования. Чтобы предотвратить образование пены или ускорить ее разрушение в масло вводят в небольших количествах антипенные присадки. В качестве таких присадок используют многие соединения различной структуры, среди которых широко применяемыми являются силосановые полимеры. Используют также соединения, включающие эфиры и соли жирных кислот, фосфорсодержащие соединения, фторированные углеводороды, производные полиспиртов и т.д.

Силосановые полимеры, обладая высокой эффективностью при малых концентрациях, в то же время имеют ограниченную растворимость в масле и нестабильны в кислой среде.

Механизм действия антипенных присадок недостаточно изучен. Предполагают, что они снижают поверхностное натяжение на границе раздела жидкости и воздуха, что приводит к разрушению пузырьков пены.

ПМА «В-1»	ПМА «В-2»	ВИНИПОЛ ВБ-2	ИХП-234	Атапол
Прозрачная вязкая жидкость	Прозрачный однородный продукт от светло-желтого до желтого цвета	—	—	—
200—300	(1100—1700)	≥6°	≤200	250—1000
58—65	30—35	—	≥20	≥30
≤0,10	≤0,07	≤0,07	≤0,10	—
Отсутствие	—	—	—	≤0,08
3000—4300	12000—17000	—	—	7000—16000
155	160	180	165	165
—	—	—	2,0—4,0	4,5—8,0

присадки ВИНПОЛ в масле МВР при 50 °С 25—32%; содержание сульфатной зола

Присадка ПМС-200А (ОСТ 6-02-20—79) — полиметилсилоксан; его характеристика приведена ниже:

Внешний вид

Бесцветная маслянистая жидкость
40—350

Вязкость при 100 °С, мм²/с

Содержание, %:

кремния

механических примесей

Температура вспышки в открытом тигле, °С

36—39

Отсутствие

≥ 290

Применяют в маслах различного назначения в концентрации 0,001—0,005 %.

Глава 10

НЕФТЯНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ, АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, КЕРОСИНЫ

НЕФТЯНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ

Нефтяные растворители применяют в различных отраслях промышленности для растворения и экстракции органических соединений. Основной объем растворителей поставляют для нужд резиновой, лакокрасочной, лесохимической, маслоэкстракционной промышленности, а также для мойки и обезжиривания металлических поверхностей.

Нефтяные растворители подразделяют на низкокипящие (бензиновые) растворители, выкипающие до 150 °С (их маркируют индексом Б), и высококипящие (керосиновые) растворители, выкипающие > 150 °С (их маркируют индексом К). В зависимости от углеводородного состава растворителя, исходного сырья и технологии получения нефтяные растворители подразделяют на следующие группы:

П — парафиновые — с содержанием нормальных парафиновых углеводородов > 50 %.

И — изопарафиновые — с содержанием изопарафиновых углеводородов > 50 %.

Н — нафеновые — с содержанием нафеновых углеводородов > 50 %.

А — ароматические — с содержанием ароматических углеводородов > 50 %.

С — смешанные — с содержанием каждой из групп углеводородов < 50 %.

В зависимости от содержания ароматических углеводородов группы нефтяных растворителей (кроме ароматических) делят на подгруппы со следующими обозначениями:

Номер подгруппы	0	1	2	3	4	5
Содержание ароматических углеводородов, % (масс.)	< 0,1	0,1—0,5	0,5—2,5	2,5—5,0	5—25	25—50

В условное обозначение растворителя, выпускаемого промышленностью, входят следующие данные: сокращенное название — нефрас, затем обозначение группы, номер подгруппы и пределы выкипания продукта, записанные через дробь. За нижний предел выкипания принимают температуру начала кипения, за верхний — конечную температуру, установленную техническими требованиями на соответствующий растворитель. Например, нефтяной растворитель парафиновый с содержанием ароматических углеводородов от 2,5 до 5,0 % и выкипающий в пределах 30—80 °С обозначают: нефрас-ПЗ-30/80.

В ранее выпущенной технической литературе и технической документации встречаются традиционные названия нефтяных растворителей. В табл. 10.1 приведены условные обозначения и традиционные наименования некоторых нефтяных растворителей.

Важнейшими эксплуатационными свойствами нефтяных растворителей являются:

способность растворять органические соединения,

Таблица 10.1. Условные обозначения и наименования растворителей

Новое обозначение	Старое наименование
Нефрас-С2-80/120 Нефрас-С3-80/120 Нефрас-С4-50/170 Нефрас-С4-155/200	Бензин растворитель для резиновой промышленности Нефрас-С 50/170 Бензин растворитель для лакокрасочной промышленности (уайт-спирит)
Нефрас-А-125/160 Нефрас-А-110/195 Нефрас-С3-70/95 Нефрас-С3-70/85 Нефрас-С3-105/130	Сольвент нефтяной Бензин экстракционный прямогонный Бензин экстракционный Бензин-растворитель для лесохимической промышленности
Нефрас-П4-30/80 Нефрас-А-120/200 Нефрас-С4-94/99 Нефрас-С4-150/200 Нефрас-Н2-220/300 Нефрас-С4-50/180 Нефрас-Н2-190/320	Фракция петролейного эфира Сольвент нефтяной тяжелый Гептан-растворитель Заменитель уайт-спирита Нефрас-С 220/300 Автонефрас Растворитель для печатных красок

Таблица 10.2. Характеристики нефрасов

Показатель	Нефрас-С2-80/120		Нефрас-С3-80/120
	высшей категории	первой категории	
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	700	730	730
Фракционный состав:			
н. к., °С, не ниже	80	80	80
48% (об.) перегоняется при температуре, °С, не выше	98	93	93
остаток, %, не более	—	98	98
Бромное число, г/100 см³, не более	1,0	1,5	1,5
Содержание, %, не более:	0,08	0,09	0,09
серы	1,0	2,5	3,0
ароматических углеводородов	0,004	0,005	0,005
механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей	0,4	0,5	0,5
нафтеновых углеводородов:	Отсутствие		
метилциклопентана и циклогексана	18	18	18
циклогексана	1,5	1,5	1,5
окисленных примесей, экстрагируемых водой	Отсутствие		

способность удалять органические загрязнения с поверхности металлов,
способность быстро испаряться,
способность к минимальному образованию отложений своих компонентов,
коррозионная агрессивность (определяется наличием в растворителях сернистых соединений),
стабильность качества нефтяных растворителей, которая характеризуется их гарантийным сроком хранения,
степень токсичности растворителей, характеризующая их воздействие на человека и окружающую среду.

Наибольшее практическое применение нашли растворители нефрас-А-63/75, нефрас-А-65/75, нефрас-С2-80/120 и нефрас-С3-80/120, их характеристики приведены в табл. 10.2.

Нефрас-А-63/75, нефрас-А-65/75 (ОСТ 38 01199—80) являются узкой гексановой фракцией деароматизованного бензина каталитического риформинга. Применяют в производстве полиэтилена низкого давления, синтетических каучуков, в легкой промышленности, при первичной обработке шерсти, в микробиологической промышленности в процессе экстракционной очистки белково-витаминного конденсата, в пищевой промышленности для экстракции пищевых жиров.

Нефрас-С2-80/120, нефрас-С3-80/120 (ГОСТ 443—76). Первый представляет собой легкокипящую фракцию деароматизо-

Показатель	Нефрас-С2-80/120		Нефрас-С3-80/120
	высшей категории	первой категории	
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	700	730	730
Фракционный состав:			
н. к., °С	80	80	80
до 110 °С перегоняется, % (об.), не менее	98	93	93
до 120 °С перегоняется, % (об.), не менее	—	98	98
остаток, %, не более	1,0	1,5	1,5
Бромное число, г/100 см³, не более	0,08	0,09	0,09
Содержание, %, не более:			
ароматических углеводородов	1,5	2,5	3,0
меркаптановой серы	0,018	Отсутствие	0,02
общей серы		0,02	
водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды		Отсутствие	
Испытание на образование масляного пятна		Выдерживает	

ванного бензина каталитического риформинга, второй является бензином прямой перегонки малосернистых нефтей. Оба растворителя широко применяют в резиновой промышленности.

АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ НЕФТЯНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Бензол нефтяной (ГОСТ 9572—77) получают в процессе каталитического риформинга бензиновых фракций, а также при пиролизе нефтяного сырья. Представляет собой прозрачную, бесцветную, летучую легкоподвижную жидкость со специфическим запахом. Используют в качестве сырья для производства синтетических волокон, пластических масс, синтетических каучуков, красителей и других продуктов.

В зависимости от назначения и технологии производства выпускают следующие марки нефтяного бензола: высшей очистки, для синтеза, для интрации и технический. Характеристики бензола всех марок приведены в табл. 10.3. Реакция водной вытяжки бензола должна быть нейтральной. Во всех марках нормируется отсутствие сероводорода и меркаптанов.

Бензол относится к числу токсичных продуктов второго класса опасности: температура вспышки в закрытом тигле минус 12 °С, температура самовоспламенения 562 °С; пределы взрываемости паров бензола с воздухом 1,4—7,1% (об.), ПДК паров бензола в воздухе 5,0 мг/м³.

Таблица 10.3. Характеристика бензола

Показатель	Марка бензола			
	высшей очистки*	для синтеза*	для нитрации	технический
Плотность при 20 °С, кг/м³	878—880/878—880	878—880/877—880	876—880	875—880
Фракционный состав:				
и.к., °С, не ниже	—	79,7/79,6	—	—
к.к., не выше 95% (об.) перегоняется, °С, не более	—	70,4/80,5 0,6/0,6	— 0,8	— 0,8
Температура кристаллизации, °С, не ниже	5,4/5,4	5,35/5,3	5,1	—
Содержание, %: основного вещества, не менее примесей, не более:	99,9/99,8	99,7/99,5	—	—
н-гептана	0,01/—	—	—	—
метилциклогексана и толуола	0,05/—	—	—	—
метилциклопентана	0,02/0,03	—	—	—
общей серы, не более	0,00005/0,0001	0,0001/0,00015	0,0002	0,002

* Числитель — норма для высшего сорта, знаменатель — для первого сорта.

Таблица 10.4. Характеристика нефтяного ксилола

Показатель	Марка ксилола	
	А*	Б
Плотность при 20 °С, кг/м³	862—868/862—868	860—870
Фракционный состав:		
и.к., не менее	137,5/137,0	136,0
95% (об.) перегоняется, °С, не более	141,2/141,2	143,0
98% (об.), °С	3/3	4,5
Содержание основного вещества, %, не менее	99,6/99,5	—

* В числителе — с государственным Знаком качества.

Ксилол нефтяной технический (ГОСТ 9410—78) представляет собой смесь трех изомеров ксилола (*орто*-, *мета*- и *пара*-) и этилбензола, получаемую в процессе ароматизации нефтяных фракций и предназначенную для выделения отдельных изомеров, а также используемую в качестве растворителя. Выпуска-

Таблица 10.5. Характеристики *о*- и *п*-ксиолов

Показатель	<i>о</i> -Ксилол				<i>п</i> -Ксилол		
	с государственным Знаком качества	первый сорт	чистый	технический	высшей категории качества	высший	чистый
Фракционный состав: от 5 до 95% (об.) выкипает в пределах, °С	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,6	0,8
Температура кристаллизации, °С, не ниже	—25,5	—25,6	—26,0	—26,3	13,0	12,9	12,5
Содержание: основного вещества, % (мол.), не менее	99,2	98,9	97,8	97,1	99,3	99,1	98,1
сульфируемых веществ, % (об.), не менее	100	100	99,5	99,5	—	—	—
Бромное число, г/100 см³, не более	0,18	0,20	0,20	0,20	0,12	0,20	0,20

ют нефтяной ксилол марок А и Б, их характеристики приведены в табл. 10.4. Нефтяной ксилол — прозрачная жидкость без посторонних примесей и воды, реакция водной вытяжки должна быть нейтральной. В нем нормируется отсутствие сероводорода и меркаптанов; температура вспышки — не менее 21 °С; испаряться он должен без остатка.

о-Ксилол (ТУ 38 101254—78), *п*-ксилол (ТУ 38 101255—87) являются прозрачными легкоподвижными жидкостями. Характеристики их приведены в табл. 10.5.

о-Ксилол получают из смеси нефтяных ксилолов методом четкой ректификации и применяют в основном для производства фталевого ангидрида. Относится к горючим продуктам второго класса: температура кипения 144 °С, самовоспламенения 595 °С; температурные пределы воспламенения 24—55 °С, пределы взрываемости паров с воздухом 5—7,6% (об.). ПДК паров в воздухе 50 мг/м³.

п-Ксилол получают методом низкотемпературной кристаллизации из технического нефтяного ксилола и используют преимущественно для получения диметилтерефталата. Имеет характерный запах. Температуры: кипения 138,5 °С, вспышки в закрытом тигле 26 °С, самовоспламенения 595 °С; температурные пределы воспламенения 24—55 °С. Пределы взрываемости паров с воздухом 3,0—7,6% (об.). ПДК паров в воздухе составляет 60 мг/м³.

Толуол нефтяной (ГОСТ 14710—78) получают в процессе каталитического риформинга бензиновых фракций и при пиро-

Таблица 10.6. Характеристика толуола нефтяного

Показатель	А*	А	В
Фракционный состав:			
н. к., °С, не менее	110,2	110,0	109,0
к. к., °С, не выше	111,0	111,0	111,2
98% (об.), °С, не более	0,7	0,8	2,0
Содержание, %:			
примесей, не более	0,3	0,4	—
сульфируемых веществ, не менее	—	—	96
Испытания на медной пластинке	Выдерживает		

* С государственным Знаком качества.

лизе нефтяных продуктов. Используют в качестве сырья для органического синтеза, высокооктановых добавок к моторным топливам, растворителя и т. д. Представляет собой прозрачную, бесцветную легкоподвижную жидкость. Реакция водной вытяжки нейтральная, испаряется без остатка.

Выпускают толуол двух марок: А — для органического синтеза и использования в качестве добавки к топливам; В — для использования в качестве растворителя.

Толуол относится к числу токсичных продуктов второго класса опасности. Температура вспышки в закрытом тигле составляет 4 °С, температура самовоспламенения 536 °С; пределы взрываемости паров в смеси с воздухом 1,3—6,7% (об.). ПДК паров в воздухе 50 мг/л.

Характеристика толуола нефтяного приведена в табл. 10.6.

Псевдокумол нефтяной (ТУ 38 101118—78) получают ректификацией смеси ароматических углеводородов с ядром C_6 . Используют в качестве сырья для нефтехимического синтеза. Представляет собой бесцветную прозрачную жидкость с характерным запахом. Псевдокумол относится к легковоспламеняющимся горючим веществам. Температура вспышки в закрытом тигле псевдокумола 34 °С, пределы температуры воспламенения

Таблица 10.7. Характеристика псевдокумола

Показатель	Высший сорт	«Чистый» сорт
Фракционный состав: от 5 до 95% (об.) выкипает в пределах, °С, не более	0,6	0,8
Содержание, %, не менее:		
основного вещества	98,5	98,0
сульфируемых веществ	100	99,8
Бромное число, г/100 см ³ , не более	0,2	0,3

от 31 до 71 °С, температура самовоспламенения 500 °С, ПДК паров в воздухе составляет 50 мг/л.

Характеристика псевдокумола приведена в табл. 10.7.

КЕРОСИНЫ

Керосин осветительный (ОСТ 38 01407—86) получают из дистиллятов прямой перегонки нефти; дистилляты перегонки сернистых нефтей подвергают гидроочистке. Предназначен для использования в бытовых нагревательных и осветительных приборах. В керосинах ограничивается содержание тяжелых фракций, ухудшающих процесс их горения. На эксплуатационные свойства керосинов существенно влияет содержание ароматических углеводородов: с уменьшением их содержания возрастает нитеисивность свечения пламени и теплотворная способность керосинов. Поэтому керосины классифицируют в зависимости от высоты некоптящего пламени — показателя, зависящего от содержания ароматических углеводородов. В настоящее время выпускают три марки осветительных керосинов, характеристики их приведены в табл. 10.8.

Керосин относится к легковоспламеняемым продуктам: температура вспышки в открытом тигле 57 °С, температура самовоспламенения 216 °С, температурные пределы воспламенения 35—75 °С, пределы взрываемости паров 1,4—7,5% (об.). ПДК керосина в воздухе 300 мг/м³.

Лигроин приборный (ОСТ 38 01423—87) представляет собой фракцию прямой перегонки нефти. Применяют в приборостроении в качестве наполнителя жидкостных приборов.

Таблица 10.8. Характеристика керосина

Показатель	КО-30	КО-25	КО-20
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	790	795	830
Фракционный состав:			
до 200 (270) °С перегоняется, % (об.), не менее	25	50	(80)
98% (об.), перегоняется, не выше	—	—	310
к. к., °С, не выше	280	290	—
Цвет, ед. КНС, не более	1	2	15
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	30	25	20
Температура помутнения, °С, не выше	—15	—15	—12
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не выше	1,0	1,0	1,3
Зольность, %, не выше	0,002	0,002	0,005
Содержание:			
серы, %, не более	0,02	0,015	0,1
водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие		
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		

Таблица 10.9. Характеристика лигроина приборного

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Плотность при 20 °С, кг/м³	785—795	Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	0,3
Фракционный состав: н. к., °С, не ниже	120	Температура помутнения, °С, не выше	—60
к. к., °С, не выше	235	Иодное число, г I₂/100 г	0,3
остаток в колбе после перегонки, %, не более	1	Содержание: серы, %, не более	0,02
Вязкость кинематическая, мм²/с: при 20 °С, не менее	1,1	водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие
при —50 °С, не более	6,5	Испытание на медной пластинке	Выдерживает

Лигроин — легковоспламеняющаяся прозрачная бесцветная или слабо-желтая жидкость, выкипающая в пределах 120—240 °С; температура самовоспламенения 380 °С, вспышки 10 °С; температурные пределы воспламенения от 2 до 34 °С. ПДК паров в воздухе 300 мг/л. Характеристика лигроина приведена в табл. 10.9.

Глава 11

МАСЛА БЕЛЫЕ, ВАКУУМНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОНОСИТЕЛИ

МАСЛА БЕЛЫЕ

Белые масла — это глубоко деароматизированные, химически инертные нефтепродукты без цвета, запаха и вкуса. Такое качество масел достигается очень высокой степенью очистки дистиллятов высококачественных нефтей нефтяного или парафинового основания глубоким сульфированием либо жестким гидрированием.

Белые масла подразделяют на пищевые (медицинские) и технические.

Медицинские белые масла (табл. 11.1)

Пищевые сорта белых масел (вазелиновое и парфюмерное) широко применяют в фармацевтической химии, косметической и пищевой промышленности, в сельском хозяйстве и других от-

Таблица 11.1. Характеристики белых масел

Показатель	Масло вазелиновое медицинское	Масло парфюмерное
Плотность при 20 °С, кг/м³	870—890*	≤880
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с	28,0—38,5	16,5—23,0
Зольность, %, не более	0,005	0,004
Температура, °С: вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	185	(180)
застывания, не выше	—5**	—8
Цвет, ед. КНС, не более	6,0³*	6,0⁴*
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,01
Содержание⁵* сернистых соединений, %, не более	Отсутствие	0,04

* Допускается изготавливать из западносибирских нефтей $\rho_{20} \geq 850$ кг/м³ и $\nu_{80} = 26,0—38,5$ мм²/с.

** Для высшей категории качества — минус 8 °С.

³* Для масла экспортного > 270 мм (на приборе КН-1 со стеклом № 2).

⁴* Для масла экспортного < 4 ед. КНС.

⁵* Для масла высшей категории качества — отсутствие. Нормируется также: содержание воды, парафина и восстанавливающих веществ — отсутствие; легкокипящих фракций до 360 °С < 0,1% (для высшей категории качества — отсутствие); проба на присутствие щелочей, кислот и органических примесей — выдерживает; растворимость в эфире, хлороформе и бензине — полная.

раслях народного хозяйства, где возможен в той или иной мере контакт с пищевыми продуктами.

Масло вазелиновое медицинское (ГОСТ 3164—78) — прозрачная жидкость, не флуоресцирующая при дневном свете. Применяют для приготовления жидких мазей, иногда в лечебных целях назначают внутрь в чистом виде, используют как растворитель различных препаратов для инъекций и в качестве пеногасителя при производстве пенициллина. Хорошо растворяется в эфире, хлороформе, бензине. В качестве смазочного материала, как правило, не применяют ввиду весьма слабых смазывающих свойств.

Стандарт на вазелиновое медицинское масло предусматривает достаточно жесткие требования по чистоте его от воды, кислот и щелочей, парафина, органических и других примесей. Наряду с указанными в табл. 11.1 показателями качества масла вазелинового медицинского для электронной промышленности должно обладать рядом электрофизических показателей по ГОСТ 3164—78:

Удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С, Ом·см, не менее	$1 \cdot 10^{13}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 100 °С и 1000 Гц, не более	0,001
Пробивное напряжение электрического поля при 20 °С и 50 Гц, кВ, не менее	50
Диэлектрическая проницаемость при 20 °С и 1000 Гц	2,0—2,4

Масло парфюмерное (ГОСТ 4225—76) — бесцветная жидкость, отличающаяся от медицинского вазелинового более низким уровнем вязкости. Используют в косметических препаратах, в составе кремов, паст, губной помады, лаков для волос, лосьонов, иногда — в фармацевтических продуктах, например для изготовления вазелиновых препаратов. В нефтеперерабатывающей промышленности используют в качестве высокоочищенной основы некоторых нефтепродуктов (смазки ЦИАТИМ-205, масла Парф-1 и др.). В чистом виде как смазочный материал обычно не применяют, так как обладает низкой смазывающей способностью в ряду нефтяных масел такого уровня вязкости. В виде исключения может применяться для смазывания узлов машин и механизмов, в которых возможен контакт смазочного материала с продукцией пищевого назначения, например в кондитерском производстве, хлебопечении, при розливе, расфасовке и упаковке молочных и других продуктов.

В сельском хозяйстве используют в качестве растворителя и диспергатора инсектицидов, для приготовления вакцин в ветеринарии.

Технические белые масла (табл. 11.2)

В последние годы эти высокоочищенные нефтепродукты широко применяют в различных областях техники и сельского хозяйства. В химической промышленности, в производстве полимеров, пластических и синтетических волокон их используют для смазывания компрессоров высокого давления (комприми-

рующих исходные мономеры), в качестве пластификаторов и мягчителей, растворителей, диспергаторов при приготовлении различных технологических препаратов и др. При изготовлении резины, натуральных и синтетических каучуков эти масла используют как наполнители, в электротехнике — для заполнения кабелей.

Масло нефтеное НМР-12 (ТУ 38 101737—78) — растворитель инициатора реакции полимеризации этилена. Бесцветное маловязкое низкозастывающее масло, на 95—98% состоящее из нефтено-парафиновых углеводородов. Глубокая степень дегароматизации и депарафинизации масла обеспечивается сложными и дорогостоящими технологическими процессами очистки и использованием в качестве исходного сырья малосернистых нефтей.

Масло нефтеное компрессорное НКМ-40 (ТУ 38 101434—79) применяют для смазывания цилиндропоршневой группы компрессорных агрегатов, нагнетающих мономеры при производстве различных полимеров (полиэтилена, полипропилена и др.) при рабочих давлениях до 250 МПа. Важной характеристикой является групповой химический состав — до 98% нефтено-парафиновых углеводородов.

МАСЛА ВАКУУМНЫЕ

Развитие и совершенствование вакуумной техники и широкое внедрение вакуумной технологии во многих отраслях промышленности определяют потребность в вакуумсоздающем оборудовании и рабочих жидкостях для них. В действующий ассортимент рабочих жидкостей для вакуумсоздающего оборудования входят хорошо очищенные минеральные (нефтяные) и некоторые синтетические продукты, именуемые вакуумными маслами. Основная область их применения — объемные вакуумные насосы (поршневые, жидкостно-кольцевые, ротационные и т. п.).

Специфические условия работы вакуумсоздающей техники требуют обеспечения в вакуумных маслах жестких показателей по вязкости, давлению насыщенных паров, предельному остаточному давлению, а также стабильности против окисления. Наиболее качественные минеральные вакуумные масла — ВМ-1 и ВМ-5 вырабатывают из малосернистых беспарафинистых нефтей путем глубокой очистки их узких фракций и применением дополнительно 1—2 ступеней тонкой вакуумной дистилляции. Эти же вакуумные масла отличаются наибольшей кинематической вязкостью при 50 °С (60—80 мм²/с), температурой вспышки (230—260 °С), а также давлением насыщенных паров при 20 °С (от $2,7 \cdot 10^{-6}$ до $2,7 \cdot 10^{-7}$ Па) и предельным остаточ-

Таблица 11.2. Характеристики технических белых масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	НМР-12	НКМ-40
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	865	880
Показатель преломления, не более	1,4730	1,4800
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с	10,0—13,5	36—41
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	155	190
застывания, не выше	—40	—10
Цвет:		
на КН-51, № 2, мм, не менее	270	270
на КНС-1	[*]	[*]
Проба на присутствие:		
органических примесей	Выдерживает	
щелочей и кислот	Выдерживает	
Кислотное число, мг КОН/г	0,01	0,01
Содержание: воды, механических примесей	Отсутствие	
Зольность, %, не более	0,005	0,005
Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость	

ным давлением при этой же температуре (от $2,7 \cdot 10^{-4}$ до $9,3 \cdot 10^{-5}$ Па).

Вакуумные масла ВМ-3, ВПН и ВМ-4 являются рабочими жидкостями соответственно для высокопроизводительных паромасляных бустерных, вспомогательных пароструйных и специальных форвакуумных насосов. Эти три масла по возрастающей линии ранжируются между собой прежде всего показателем вязкости (класс вязкости по ISO 3448 соответственно 15, 22 и 68/100). Близким к маслу ВМ-4 по основным показателям является масло ВМ-6 для механических вакуумных насосов, работающих при остаточном давлении до $1,3 \cdot 10^{-1}$ Па.

Наряду с минеральными маслами в качестве рабочей жидкости вакуумных насосов находят применение и синтетические продукты: поли- α -олефины, сополимеры α -метилстирола с α -олефинами (масло ВНИИНП ВС-1), различные алкильные производные ароматических углеводородов (серия продуктов под названием «Алкарены»), а также различные олигоорганосилоксаны. Хорошо себя зарекомендовали олигометилфенилсилоксаны ФМ-1, ПФМС-1, ПФМС-2/5Л, ПФМС-13. Это продукты с низким давлением насыщенных паров, малой испаряемостью и высокой температурой вспышки, нетоксичные и не вызывающие коррозии металлов. Их успешно используют в качестве вакуумных масел с отличными показателями термоокислительной и термической стабильности для высоковакуумных диффузионных насосов, обеспечивающих предельный вакуум от 133 нПа до 13 мкПа. Олигометилфенилсилоксаны обеспечивают быстроту откачки и действия насоса — важнейшие параметры этого вида техники. Однако следует отметить чрезвычайную дороговизну олигоорганосилоксанов: стоимость большинства из них достигает 25—35 руб/кг*.

Нефтяные вакуумные масла вырабатывают в соответствии с ОСТ 38 01402—86 и в зависимости от назначения установлены следующие марки вакуумных масел: ВМ-1 — для высоковакуумных паромасляных насосов, ВМ-3 — для бустерных паромасляных насосов, ВМ-4 — для механических вакуумных насосов с масляным уплотнением, ВМ-5 — для высоковакуумных паромасляных насосов (для создания сверхвысокого вакуума), ВМ-6 — для механических вакуумных насосов с масляным уплотнением, ВМ-11 — для вспомогательных пароструйных насосов.

Характеристики вакуумных масел приведены в табл. 11.3.

* Характеристики этих продуктов приводятся в книгах: Олигоорганосилоксаны. Свойства, получение, применение/Под ред. М. В. Соболевского. М.: Химия, 1985. С. 263; Кремнийорганические продукты, выпускаемые в СССР. Каталог-справочник. М.: Химия. 1970. С. 51.

Таблица 11.3. Характеристики вакуумных масел
[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ВМ-1	ВМ-3	ВМ-4	ВМ-5	ВМ-6*	ВМ-11
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	887	890	908	885	895	890
Цвет, ед. ЦНТ, не более	Бесцветное	3,5	7,0	Бесцветное	4,5	Бесцветное
Запах	Отсутствие	—	—	Отсутствие	—	Отсутствие
Вязкость кинематическая, мм ² /с:	60—70	8—11	48—57	60—74	≤ 40	12,5—15,3
при 50 °С	—	—	8—11	—	≤ 8	—
при 100 °С	230—260	150—180	206—218	≥ 230	—	180—185
Температура вспышки в открытом тигле, °С	Отсутствие	—	—	Отсутствие	Отсутствие	—
Содержание, %:						
воды	Отсутствие	—	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	—
механических примесей	Отсутствие	—	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	—
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	—
Зольность, %, не более	0,010	—	0,005	0,010	—	0,003
Давление насыщенных паров при 20 °С $p_{н.п.}$, не более: Па	(53—2,7) 10^{-7}	[*]	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	(67—1,3) 10^{-4}
мм рт. ст.	(40—2) 10^{-5}	—	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	(50—1,0) 10^{-4}
Предельное остаточное давление при 20 °С, Па (мм рт. ст.), не более	$2,7 \cdot 10^{-4}$	—	—	$9,3 \cdot 10^{-5}$	—	—
($2 \cdot 10^{-6}$)	—	—	—	($7 \cdot 10^{-7}$)	—	—
Температура кипения, при которой $p_{н.п.} = 1,33$ Па	140—150	—	—	140—155	—	70—80

* $v_{20} = 220$ мм²/с.

Примечания.

1. Кроме указанных для масла ВМ-4 нормируются: разность температур вспышки, определяемых в открытом и закрытом тиглях, $< 0,12$ °С; кислотное число $< 0,2$ мг КОН/г; коксуемость $< 0,30$ % и температура застывания < -15 °С.
2. Для масла ВМ-3 и ВМ-6 нормируется фракционный состав соответственно: и. к. не ниже 25 и 125 °С, 90% (об.) перегоняется при температуре не выше 175 и 220 °С.

Вакуумное масло ВНИИП ВС-1 (ТУ 38 401105—75) — синтетическое масло для механических вакуумных насосов (сополимеры α -олефинов и α -метилстирола). Работоспособно при получении остаточного давления не более 0,007 кПа при температуре на входе в насос до 50 °С и температуре окружающей среды до минус 65 °С.

МАСЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ

К этим маслам отнесены жидкости и масла, нашедшие применение в производстве резин, резиновых технических изделий, синтетических каучуков и масла для производства химических волокон.

Масла для резин и резиновых технических изделий (табл. 11.4, 11.5)

Жидкости СЖР (ТУ 38 10195—86) применяют в качестве стандартных углеводородных сред при определении свойств резин и резиновых технических изделий. Установлены три марки жидкостей: СЖР-1, СЖР-2, СЖР-3. СЖР-1 представляет собой хорошо очищенный нефтяной продукт остаточного происхождения из сернистых нефтей; СЖР-2 и СЖР-3 — дистиллятные продукты из малопарафинистой нефти, подвергнутые глу-

Таблица 11.4. Характеристики масел МПс и МПа

Показатель	МПс	МПа
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 20 °С	23—27	16—22
при 50 °С	8—9	6—7
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,05
Стабильность против окисления: осадок в окисленном масле, %, не более	Отсутствие	0,1
кислотное число окисленного масла, мг КОН/г, не более	0,10	0,35
Зольность, %, не более	0,005	0,03
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле, не ниже	155	140
застывания, не выше	—45	—50
Содержание, %: водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
воды	Отсутствие	
механических примесей	Отсутствие	
серы, не более	0,5	0,3
Англиновая точка, °С	85—90	61,0—67,0
Показатель преломления, не выше	1,4760	1,5000
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не менее	850	890
Теплотворная способность низшан, Дж/г, не менее	41868	41868
Цвет, ед. ЦНТ, не более	0,5	0,5

Таблица 11.5. Характеристика масла ВА-8

Показатель	Норма*	Показатель	Норма*
Плотность при 20 °С, кг/м ³	875—885	Кислотное число, мг КОН, не более	0,05
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	6,2—8,1	Содержание серы, %, не более	0,10
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	190	Иодное число, г I ₂ /100 г, не более	2,5
застывания, не выше	—30	Содержание воды и механических примесей	Отсутствие
Англиновая точка, °С	65—75	Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,5
Показатель преломления	1,4885—1,4960		

* Для масла, получаемого из сырья Горловского химического завода, допускается: плотность при 20 °С 875—895 кг/м³, англиновая точка 60—80 °С, показатель преломления при 20 °С 1,4885—1,4980.

бокой очистке (сернокислотной, адсорбционной). Все три продукта имеют стабильное качество, относительно постоянный групповой углеводородный состав. Характеристики нефтяных стандартных жидкостей приведены ниже:

	СЖР-1	СЖР-2	СЖР-3
Англиновая точка, °С	124±1,0	93±3,0	70±1,0
Кинематическая вязкость при 98,9 (37,8) °С, мм ² /с	20±1	20±1	(33±1)
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	240	240	160

Масла-пластификаторы МПс и МПа (ОСТ 38 0114—72) применяют при изготовлении синтетических каучуков. *Масло МПс* из сернистых нефтей получают селективной очисткой фенолом и глубокой депарафинизацией; содержит антиокислительную присадку. *Масло МПа* вырабатывают из малопарафинистой нефти нафтенового основания путем сернокислотной очистки (см. табл. 11.4).

Масло-«мягчитель» для резиновой промышленности (ОСТ 38 0193—75) — дистиллятное масло кислотной очистки из малосернистых нефтей, содержит 0,5% депрессорной присадки. Применяют в качестве мягчителя резиновых смесей.

Характеристика масла приведена ниже:

Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с	6,5—8,0
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,1
Зольность, %	≤0,01
Содержание механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле, не ниже	120
застывания, °С, не выше	—60

Таблица 11.6. Характеристики нефтяных масел-пластификаторов и мягчителя

Показатель	ПН-6ш	ПН-6к	Пластары		ПНА	ЭФ-4
			37/2	20К		
Плотность при 20 °С, кг/м³	960—980	950—970	960—980	975—1010	960—980	960
Вязкость кинематическая 100 °С, мм²/с	35—40	30—35	36—42	22—35	31—39	10—16
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	230	230	200	225	200
застывания, не выше	36	36	36	30	36	25
Анилиновая точка, °С	55—65	55—57	55—65	25—45	60—70	45
Показатель преломления при 50 °С	—	—	1,5200—1,5400	1,5500—1,5800	1,5200—1,5400	1,5400 (20 °С)
Содержание, %, не более: механических примесей воды			Отсутствие следы			0,008

Масло ВНИИП-ВА-8 (ТУ 38 10161—75) — мягчитель, наполнитель для резин и синтетического каучука. Синтетическое масло на основе алкилбензолов (молекулярной массы 500—600). Хвостовая фракция алкилбензола, получающаяся при выработке моющих средств путем алкилирования бензола тетрамерами пропилена или другими α -олефинами и дополнительно очищенная отбеливающей глиной. Применяют в промышленности каучука и резиновых технических изделий в качестве мягчителя или наполнителя резиновых смесей и синтетического каучука (см. табл. 11.5).

Масло ПН-6 (ОСТ 38 01132—77) — пластификатор нефтяной — представляет собой концентрат ароматических углеводородов, получаемый компаундированием экстрактов от селективной очистки фенолом остаточных и дистиллятных масел из сернистых нефтей или из чистого остаточного экстракта. В зависимости от целей применения вырабатывают ПН-6к, используемый в качестве пластификатора-наполнителя синтетических дивинил(метил)стирольных (метил-стирольных) каучуков, и ПН-6ш, используемый в качестве пластификатора-наполнителя и мягчителя шинных смесей (табл. 11.6).

Пластар-20К (ТУ 38 40101—83) и **Пластар-37/2** (ТУ 38 101898—82) — представляют собой высокоароматизированные нефтяные продукты, получаемые в качестве экстрактов при селективной очистке соответственно дистиллятных и остаточных масел фенолом. Применяют в качестве ароматических пластификаторов при производстве различных резиновых технических изделий (см. табл. 11.6).

Масло-наполнитель ЭФ-4 (ТУ 38 101280—76) — продукт, получаемый в качестве экстракта при селективной очистке ма-

ловязких масел фенолом, имеет высокоароматизированный углеводородный состав. Применяют в качестве нефтяного пластификатора-наполнителя различных резиновых смесей на заводах РТИ (см. табл. 11.6).

Пластификатор ПНА (ТУ 38 101423—74) нефтяной ароматический — остаточный экстракт от очистки масел фенолом. В групповом углеводородном составе доминируют тяжелые и средние ароматические углеводороды. Применяют в качестве пластификатора в производстве шинных резин (см. табл. 11.6).

Масла в производстве химических волокон (табл. 11.7)

В промышленности химических волокон нефтяные масла применяют в процессах авиважной обработки и замасливания при текстильной переработке как составные элементы многокомпонентных препаратов, а также в качестве минерального растворителя текстильно-вспомогательных веществ с целью придания нитям и пряже необходимых технологических свойств. В зависимости от специфических требований для этих целей вырабатывается несколько сортов нефтяных масел. Наиболее жестким требованиям промышленности химических волокон отвечает вязкое масло НЗМ-40 (ТУ 38 101785—79) с высоким содержанием нафтеновых углеводородов, что достигается сложной и многоступенчатой деароматизацией вязкой

Таблица 11.7. Характеристики масел для производства химических волокон
*) — Показатель не нормируется. Определен обязательно (на фотоэлектроколориметре ФЭК-56М или КФК)

Показатель	С-9	С-15	С-25	НЗМ-40
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	865	875	875	885
Коэффициент преломления, не более	1,4800	1,4800	1,4800	1,4810
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 20 °С	23—29	35—55	≤105	—
при 50 °С	≤9	≤15	≤25	≥28
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,05
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005
Температура, °С:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	150	160	200	190
застывания, не выше	—45	—40	—13	—10
Содержание, %:				
механических примесей		Отсутствие		
воды		Отсутствие		
серы, %, не более	0,6	0,7	0,6	—
Иодное число, г I₂/100 г, не более	2,6	5	8	—
Цвет (кювета 10 мм, светофильтр № 3), не более	0,700	[*]	[*]	[*]

нефтяной фракции. Широко применяют также масла меньшей вязкости и разной глубины очистки (ТУ 38 10133—75): С-9 — маловязкое, С-15 — глубокой фенольной очистки, С-25 — средней вязкости глубокой фенольной очистки.

МАСЛА-ТЕПЛОНОСИТЕЛИ

Энергетика многих современных химических процессов и некоторых производств синтетического волокна основана на применении жидких теплоносителей и рабочих сред со специфическими химическими, теплофизическими и реологическими свойствами. На ряде таких производств успешно применяют нетоксичные нефтяные масла-теплоносители, отличающиеся достаточно высокой термической стабильностью и температурой самовоспламенения. Высокотемпературные нефтяные масла-теплоносители, работоспособные до 280—320 °С, представляют собой продукты глубокой переработки нефти, в которых за счет технологических процессов достигается высокое содержание ароматических углеводородов. Поэтому в обозначение масел, как правило, включена аббревиатура АМТ (ароматизированное масло-теплоноситель) и следующая затем цифра указывает примерную предельно допустимую температуру длительного применения.

Масла-теплоносители АМТ (табл. 11.8)

Масло-теплоноситель АМТ-300 (ТУ 38 101537—75) — жидкий нефтяной теплоноситель вырабатывают на базе экстрактов фенольной очистки дистиллятов сернистых нефтей путем последующей их депарафинизации и доочистки (серникислотной, адсорбционной или гидрокаталитической). Применяют в закрытой системе, исключаяющей его контакт в горячем виде с воздухом. Предельно допустимая температура масла при интенсивной принудительной циркуляции — не выше 280 °С.

При применении масла следует соблюдать меры пожарной безопасности: установки и системы высокотемпературного обогрева маслом и помещения, в которых они размещены, должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ-76.

Масло-теплоноситель АМТ-300Т (ТУ 38 1011023—85) — нефтяное масло, вырабатываемое на основе экстракта тяжелого газойля каталитического крекинга (фракция 350—475 °С) с последующей селективной депарафинизацией и доочисткой (адсорбционной или гидрокаталитической). Применяют в закрытых системах обогрева, оборудованных приспособлением для удаления легкокипящих продуктов разложения, которые могут образоваться при длительной работе теплоносителя. Рекомендовано для заводов химического волокна и других произ-

Таблица 11.8. Характеристики масел теплоносителей АМТ-300

Показатель	АМТ-300*	АМТ-300Т
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	960	995
Показатель преломления, не менее	1,5400	1,5800
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с, не более	5,9	5,3
Температура, °С:		
застывания, не выше	—30	—23
вспышки в закрытом тигле, не ниже	175	170
самовоспламенения минимальная, не ниже	285	325
Содержание:		
механических примесей	Отсутствие	
воды	Отсутствие	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,05
Цвет (без разбавления), ед. ЦНТ, не более	6	—
Фракционный состав, °С:		
5% (об.) выкипает, не ниже	330	—
95% (об.) выкипает, не выше	475	—

* Цвет и фракционный состав определяют на месте производства. Для масла кислотно-каталитической очистки допускается кислотное число <0,05 мг КОН/г.

Таблица 11.9. Характеристика масел-теплоносителей

Показатель	ЛЗ-ТК-1	ЛЗ-ТК-2*	ЛЗ-ТК-4
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	830	710	830
Вязкость кинематическая, мм²/с, не более:			
при 50 °С	1,2	—	1,6
при 20 °С	2,2	0,8	3,0
при —10 (—60) °С	3,0	(3,5)	5,5
Температура, °С, не выше:			
застывания	—	—	—55
вспышки	—	—	55
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,030	—	0,035
Коррозионное воздействие на металлы (ГОСТ 2060—60)	—	—	Выдерживает
Содержание механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей	—	Отсутствие	

* Нормируется фракционный состав: н. к. <99 °С; 90% (об.) выкипает при температуре <112 °С.

Таблица 11.10. Характеристики теплоносителей ЛЗ-ТК-5 и «Темп»

Показатель	ЛЗ-ТК-5	«Темп»
Плотность при 20 °С, кг/м³	—	1065—1095
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	2,3—2,7	2,8—3,7
pH при 20 °С	7,5—8,5	7,5—8,5
Показатель преломления при 20 °С	1,360—1,370	1,370—1,390
Температура, °С:		
застывания, не выше	—18	—18
кипения, не ниже	100	100
Содержание механических примесей, %, не более	0,005	0,005
Испытания на изменение объема при —50 °С	—	Выдерживает
Коррозионное воздействие на металлы	—	Выдерживает

водств. Предельно допустимая температура масла при интенсивной принудительной циркуляции в условиях длительной эксплуатации — до 300 °С.

Теплоносители для систем терморегулирования (табл. 11.9, 11.10)

ЛЗ-ТК-1 (ТУ 38 101387—79) — смесь пентаэритритового эфира и этанола с добавкой антиокислительной присадки. Применяют в качестве рабочей среды (теплоносителя) для систем терморегулирования, которые работают в диапазоне температур —50... +50 °С.

ЛЗ-ТК-2 (ТУ 38 101388—79) — теплоноситель для систем терморегулирования, работающих в интервале температур —100... +80 °С.

ЛЗ-ТК-5 (ТУ 38 101353—78) — теплоноситель — охлаждающая жидкость с антикоррозионной добавкой. Применяют в гидромагистральных системах терморегулирования изделий для отвода тепла. Работает длительно в интервале температур —20... +100 °С.

Теплоноситель «Темп» (ТУ 38 30101—84) предназначен для использования в качестве рабочей среды в системах терморегулирования, работающих в интервале температур —18... +100 °С.

ЛЗ-ТК-4 (ТУ 38 101514—75) — однородная прозрачная жидкость светло-желтого цвета. Предназначен для использования в качестве рабочей среды в системах терморегулирования, работающих в интервале температур —10... +50 °С.

Глава 12

РАЗНЫЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ

ТВЕРДЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Парафины

Твердые нефтяные парафины представляют собой смесь углеводородов метанового ряда нормального строения с 18—35 атомами углерода в молекуле. Вещества кристаллического строения с температурой плавления 45—65 °С и молекулярной массой 300—400. Величина и форма кристаллов парафина зависят от условий его выделения: из нефти парафин выделяется в виде мелких тонких кристаллов, из нефтяных дистиллятов и дистиллятных рафинатов селективной очистки — в виде крупных кристаллов. При увеличении скорости охлаждения размеры выделяемых кристаллов уменьшаются.

Парафины инертны к большинству химических реагентов. Они окисляются азотной кислотой, кислородом воздуха (при 140 °С) и некоторыми другими окислителями с образованием смеси жирных кислот, аналогичных кислотам, которые содержатся в жирах растительного и животного происхождения. Это сходство позволяет использовать синтетические жирные кислоты вместо жиров растительного и животного происхождения в парфюмерной промышленности, при производстве смазок и др. Парафин реагирует с хлором с образованием хлорпарафинов, являющихся сырьем для производства присадок к маслам.

Получают парафины путем депарафинизации и обезмасливания дистиллятного масляного сырья с использованием кетон-ароматических растворителей. В меньших масштабах производят твердые парафины обезмасливанием без растворителей — фильтр-прессованием охлажденного сырья с последующим потением полученного гача. Обезмасленные парафины для получения товарных продуктов подвергают очистке: сернокислотной, контактной, перколяционной, гидрогенизационной.

Твердые нефтяные парафины вырабатывают по ГОСТ 23 683—79 и по степени очистки подразделяют на высокоочищенные (марки П и В), очищенные (марки Т и С) и неочищенные (марки Нс и Нв). В зависимости от областей применения устанавливают следующие марки парафинов.

П-1, П-2 и П-3 — высокоочищенные парафины, предназначенные для пищевой промышленности:

П-1 — применяют при изготовлении тары и упаковочных материалов жесткой конструкции, имеющих соприкосновение с

Таблица 12.1. Характеристики твердых нефтяных парафинов

Показатель	П-1	П-2	П-3	В ₁
Температура плавления, °С	≥54	≥52	≥50	50—52
Содержание масла, %, не более	0,45	0,9	2,0	0,8
Цвет (стекло № 1), мм, не менее	270	250	230	270
Устойчивость цвета, сут, не менее	7	7	7	7
Глубина проникания иглы (25 °С, 9,8 мН), 0,1 мм, не более	—	—	—	18

пищевыми продуктами и применяемых при повышенных температурах, а также в качестве составного компонента при изготовлении кондитерских изделий;

П-2 — используют для пропитки и покрытия гибкой упаковки пищевых продуктов, сохраняющей эластичность при пониженных температурах, а также в качестве компонента сплавов для покрытия деревянных, бетонных и металлических емкостей, предназначенных для хранения пищевых продуктов;

П-3 — применяют для изготовления эластичных покрытий, косметических препаратов, а также восковых составов для промышленной обработки битой птицы.

В₁, В₂, В₃, В₄, В₅ — высокоочищенные парафины, предназначенные для использования в различных отраслях народного хозяйства, марку В₂ применяют также для изготовления резиновых технических изделий.

Т и С — очищенные парафины технического назначения. Марку Т — применяют в химической, нефтехимической, текстильной, полиграфической, резинно-технической, деревообрабатывающей промышленности и других отраслях народного хозяйства. Марку С — применяют в нефтехимической промышленности для производства синтетических жирных кислот.

Таблица 12.2. Особые требования к качеству парафинов для нефтехимии

Показатель	С	Н _В
Фракционный состав:		
5% (об.) выкипает при температуре, °С, не ниже	320	—
до 400 °С перегоняется, % (об.), не менее	60	—
97% (об.) перегоняется при температуре, °С, не выше	460	—
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	160	180
Содержание, %, не более:		
воды, %	0,2	0,2
механических примесей	—	0,01

Примечание. Содержание фенола и фурфуrolа определяют для парафинов, получаемых из рафинатов фенольной и фурфурольной очистки.

В ₂	В ₃	В ₄	В ₅	Т	С	Н _С	Н _В
52—54	54—56	56—58	58—62	≥50	45—52	≥42	≥57
0,45	0,45	0,45	0,5	2,3	2,2	5,0	2,3
270	270	270	270	—	—	—	—
8	8	8	7	—	—	—	—
16	14	13	12	—	—	—	—

Н_С и Н_В — неочищенные парафины технического назначения: Н_С применяют при изготовлении спичек и товаров бытовой химии, Н_В — в качестве сырья для производства α-олефинов и в других отраслях народного хозяйства.

Характеристики нефтяных парафинов приведены в табл. 12.1, особые требования к парафинам С и Н_В, являющихся сырьем для нефтехимии, — в табл. 12.2.

Твердые нефтяные парафины являются горючими веществами с температурой вспышки не ниже 160 °С и температурой самовоспламенения не ниже 300 °С. Внешний вид высокоочищенных парафинов — кристаллическая масса белого цвета, очищенных (марки Т и С) — допускается слегка желтоватый оттенок, неочищенных (марки Н_С и Н_В) — цвет от светло-желтого до светло-коричневого. Все парафины не должны иметь запаха и не должны содержать бенз-α-пирен.

Церезины

Церезины — смесь парафиновых углеводородов изомерного и нормального строения с числом атомов углерода в молекуле от 36 до 55. Вещества мелкокристаллической структуры с температурой плавления (каплепадения) 57 °С и выше и молекулярной массой 500—700. В отличие от парафинов церезины обладают большей вязкостью и способностью загущать масло, что обусловлено их мелкокристаллической структурой. При добавлении церезина в парафины улучшаются загущающие свойства последних, что позволяет использовать такую смесь в производстве смазок. Устойчивость к химическим реагентам у церезина ниже, чем у парафина.

Церезины вырабатывают путем очистки и обезмасливания природных озокеритов, парафиновой пробки и петролатумов (продуктов депарафинизации, получаемых при производстве остаточных смазочных масел). В последнем случае технология получения аналогична технологии получения твердых парафинов. Получают церезины также синтезом оксида углерода и водорода.

Таблица 12.3. Характеристики церезинов и церезиновой композиции

Показатель	Церезины						Композиция церезиновая
	65	70	75	80	конденсаторный	100	
Внешний вид	Однородная масса без заметных механических примесей				Однородная масса светло-желтого цвета		—
Температура каплепадения, °С	65—70	70—75	75—80	80—85	≥100	≥100	≥56
Глубина проникания (25 °С, $9,8 \cdot 10^{-3}$ Н), 0,1 мм, не более	30	25	18	16	10	10	25
Содержание, %, не более:							
механических примесей	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
воды	Отсутствие						—
Зольность, %, не более	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05 (0,10)*	0,18	—
Удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С, Ом·см, не менее	—	—	—	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{14}$	—	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5	5	5	5	—	—	—

* После нагревания в течение 100 ч при 120 °С, не более.

Церезин (ГОСТ 2488—79) — смесь твердых углеводов, получаемых кислотной-контактной очисткой нефтяного неочищенного церезина, парафинистой пробки или их смеси в любом соотношении. Предназначен для получения смазок, восковых сплавов, изоляционных материалов и других целей. Стандарт не распространяется на церезин для пищевой промышленности. В зависимости от температуры каплепадения установлены следующие марки церезина: 65, 70, 75, 80.

Церезин синтетический высокоплавкий (ГОСТ 7658—74) — смесь твердых углеводов метанового ряда, преимущественно нормального строения; получают синтезом оксида углерода и водорода. В зависимости от области применения выпускают высокоплавкий синтетический церезин марок: конденсаторный и 100.

Композиция церезиновая (ГОСТ 3677—76) изготавливается из церезина марки 65 или смеси церезина 65 ($45 \pm 5\%$) и парафина марки Т ($55 \pm 5\%$). Применяют для изготовления мастик, свечей, пропитки бумаги и других целей.

Характеристики церезинов и церезиновой композиции приведены в табл. 12.3.

Вазелины

Представляют собой смеси жидких и твердых углеводов, получаемые сплавлением церезина, парафина, петролатума или их смесей с нефтяным маслом или парафинистым дистиллятом. Применяют в медицине, ветеринарии и электротехнике.

По внешнему виду вазелины представляют собой однородные мазеобразные вещества со следующими особенностями: медицинский — от белого до желтого цвета, без запаха, тянется нитями; ветеринарный — от белого до светло-коричневого цвета, без комков; конденсаторный — от белого до светло-желтого цвета. Характеристики вазелинов приведены в табл. 12.4.

Вазелин медицинский (ГОСТ 3582—84) получают на основе церезина, парафина, петролатума или их смесей с нефтяным маслом. Все компоненты очищают серной кислотой и отбеливающей глиной. Применяют в чистом виде для предохранения от коррозии хирургических инструментов, а также в качестве составной части кремов, паст, мазей для кожи, гримов, помад.

Вазелин ветеринарный (ГОСТ 13037—84) — глубокоочищенный продукт, получаемый сплавлением в любых соотношениях церезина, парафина, петролатума и нефтяных масел. Предназначен для смазывания вымени, искусственного осеменения животных.

Вазелин конденсаторный (ГОСТ 5775—76) применяют для пропитки и заливки конденсаторов, в связи с этим нормируют его электроизоляционные характеристики, удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С — $\geq 1 \cdot 10^{12}$ Ом·см, электрическая прочность при 50 Гц и 20 °С — 200 кВ/см, тангенс угла диэлектрических потерь при 1000 Гц и 100 °С — $\leq 0,002$.

Кроме парафинов, церезинов и вазелинов, к числу товарных нефтепродуктов на базе твердых углеводов относятся

Таблица 12.4. Характеристики вазелинов

Показатель	Медицинский	Ветеринарный	Конденсаторный
Вязкость при 60 °С, не менее:			
кинематическая, мм ² /с	16	—	28
условная, °ВУ	2,5	—	3,95
Температура каплепадения, °С	37	37—50	≥50
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, жиров и смол, соединений серы	Отсутствие		
Зольность, %, не более	0,020	0,015	0,004
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,10	0,10	0,05
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	2,5

петролатумы, композиция озокеритовая и мягчитель ПП для резины.

Петролатумы (ОСТ 38 01117—76) получают при депарафинизации остаточных масел сернокислотной или селективной очистки. Используют как сырье для получения церезина, являются компонентами смазок, вазелинов и изоляционных масс. Выбатывают трех марок в зависимости от способа очистки и сырья: ПК — сернокислотной очистки, ПС — селективной, ПСС — селективной из сернистого сырья. Петролатумы — продукты светло-коричневого цвета, с температурой каплепадения не ниже 55 °С и температурой вспышки 230—255 °С.

Композиция озокеритовая (ГОСТ 780—76) представляет собой сплав озокерита (горного воска, прошедшего кислотноконтактную очистку), парафина и церезина. Применяют для пропитки ткани, бумаги, электронизоляционных материалов, в производстве резиновых технических изделий и др.

Мягчитель ПП для резины (ГОСТ 13108—67) получают сплавлением парафина и петролатума и применяют в кабельной промышленности.

Характеристики композиции и мягчителя:

Композиция озокеритовая		Мягчитель ПП	
Температура каплепадения, °С	≥ 64	Вязкость при 70 °С, мм ² /с	8—16
Глубина проникания иглы (25 °С, 9,8 мН), 0,1 мм	≤ 40	Температура каплепадения, °С	≥ 45
Содержание механических примесей, %	≤ 2	Содержание, %, не более:	
Вода и водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствие	серы	0,6
		механических примесей	0,08
		зола	0,08
		Кислотное число, мг КОН/г	≤ 0,28
		Вода и водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствие

Коксы нефтяные

Коксы нефтяные (углерод нефтяного происхождения) по внешнему виду представляют собой пористую твердую массу от темно-серого до черного цвета. Состоят из высокомолекулярных тугоплавких и высокоароматизированных углеводородов с незначительным содержанием водорода и органических солей. По способу получения их подразделяют на: коксы замедленного коксования (К30, К38), получаемые из остаточных продуктов переработки нефти, и коксы нефтяные малосернистые, получаемые при коксовании в кубах тяжелых продуктов пиролиза, гудронов и крекинг-остатков (КНПС, КНПЭ, КНКЭ).

В соответствии с ГОСТ 22898—78 выбатывают следующие марки коксов:

КНПС — нефтяной пиролизный специальный, для изготовления конструкционных углеродистых материалов;

КНПЭ — нефтяной пиролизный электродный, используемый в алюминиевой промышленности для изготовления анодной массы, а также для производства анодов, подовых блоков и электродов;

КНКЭ — нефтяной крекинговый электродный, предназначен для изготовления электродов;

К38 — для алюминиевой и электродной промышленности, куски размером > 8 (до 250 мм);

К30 — коксовая мелочь для производства абразивов и другой продукции, куски размером 0—8 мм.

Кокс нефтяной бытового потребления (ТУ 38 1319—69) представляет собой фракцию размером < 25 мм; выбатывают на установке замедленного коксования из остаточных продуктов переработки сернистых и высокосернистых нефтей. Используют в качестве топлива.

Характеристики нефтяных коксов приведены в табл. 12.5.

Битумы

Битумы — смесь высокомолекулярных углеводородов и асфальтено-смолистых веществ, содержащих соединения серы, кислорода и азота. Наличие в составе битумов асфальтенов, смол и углеводородов обеспечивает те или иные эксплуатационные

Таблица 12.5. Характеристики коксов нефтяных*

Показатель	КНПС	КНПЭ	КНКЭ	К38	К30	Кокс бытового потребления
Выход летучих веществ, %, не более	7	6,5/6,0	7	9	11,5	15
Зольность, %, не более	0,15/0,30	0,3/0,2	0,5/0,4	0,6	0,8	1,0
Содержание серы, %, не более	0,2/0,4	1,0/0,7	1,0	1,5	1,5	4,7
Массовая доля мелочи, %, не более:						
куски размером < 25 мм	4	4	4/—	—	—	—
куски размером < 8 мм	—	—	—/8	10	—	—
Плотность после прокаливании (1300 °С, 5 ч), г/см ³	2,04—2,08	2,08—2,13 2,10—2,13	2,10—2,13	2,08—2,13	—	—
Истираемость, %, не более	—	13/7	7/—	—	—	—

* Данные через дробь показатели соответствуют: числитель — высшей категории качества, знаменатель — первой.

свойства: асфальтены придают твердость и высокую температуру размягчения, смолы повышают способность к цементации и эластичность, а углеводороды являются разжижающей средой, в которой растворяются смолы и набухают асфальтены.

Качество битумов определяется сочетанием твердости (глубина проникания иглы), вязкости, растяжимости (дуктильности), температуры размягчения, водостойкости и др. Лучшими считаются битумы, имеющие большую растяжимость, которая характеризует эластичность битума, его способность работать на изгиб и цементирующую способность. Поведение битумов при низких температурах оценивают по глубине проникания иглы при 0°C, растяжимости при 0°C и температуре хрупкости. Водостойкость характеризуется сцеплением битума с мрамором или песком и содержанием водорастворимых соединений. На эксплуатационные свойства битума отрицательно влияет повышенное содержание нерастворимых веществ органического (карбены, карбонды) и неорганического (земля, глина и др.) происхождения. Битумы вторичного происхождения (из крекинг-остатков), содержащие карбены и карбонды, уступают битумам из продуктов прямой перегонки по цементирующим свойствам, имеют пониженную растяжимость. Потеря массы и глубина проникания иглы в остаток, образующийся после определения потери массы, характеризуют наличие в битуме летучих компонентов и позволяют оценить стабильность свойств продукта в ходе эксплуатации (старение битума во времени). Температура вспышки зависит от содержания в битуме легкоиспаряющихся компонентов и является показателем пожарной безопасности при его использовании.

Нефтяные битумы производят из остатков от перегонки смолистых нефтей, крекинга и очистки масел в основном тремя способами: глубокой вакуумной концентрацией нефтяных остатков, выделением асфальтов при деасфальтизации нефтяных остатков (гудронов), окислением воздухом при высокой температуре остатков от переработки нефти (гудронов, крекинг-остатков, экстрактов, асфальтов после деасфальтизации масляного сырья и др.). Битумы, вырабатываемые первыми двумя способами, называют остаточными, последним — окисленными.

Окисленные битумы более эластичны и твердостойки, чем остаточные, из-за наличия в них большего количества продуктов окисления и полимеризации — смол и асфальтенов. При одинаковой температуре размягчения окисленные битумы мягче остаточных (глубина проникания иглы больше), но при одинаковой глубине проникания иглы температура размягчения окисленного битума значительно выше. При равных температурах размягчения, содержания летучих и одинаковом сырье окисленные битумы обладают большей атмосферостойкостью, чем остаточные.

Ассортимент вырабатываемых битумов в зависимости от областей применения включает битумы дорожные, строительные, специальные и высокоплавкие.

Дорожные битумы используют для строительства и ремонта дорожных и аэродорожных покрытий. Они должны сохранять комплекс упруговязких и прочностных характеристик в широком интервале температур, обеспечивать прочное и устойчивое сцепление с поверхностью минеральных материалов, в смеси с которыми их употребляют, сохранять первоначальные свойства в период длительности эксплуатации. Дорожные битумы подразделяют на вязкие и жидкие.

Вязкие битумы (ГОСТ 22245—76) выпускают 9 марок серии БНД и БН, различающиеся свойствами и условиями применения. Характеристики вязких дорожных битумов приведены в табл. 12.6. Битумы серии БНД отличаются от аналогичных битумов серии БН тем, что у первых нормируются низкотемпературные свойства и содержание водорастворимых соединений. Битумы можно изготовлять с поверхностно-активными веществами и без них. В битумы добавляют катионоактивные (высокомолекулярные аммины и диамины) и анионоактивные ПАВ (высокомолекулярные карбоновые кислоты и мыла тяжелых и щелочноземельных металлов этих кислот). Для битумов с ПАВ к марке продукта добавляют индекс «п», например, БНД_п 200/300).

БНД 200/300 — для поверхностной обработки покрытий в районах с холодным климатом, а также для приготовления теплых асфальтобетонных и битумо-минеральных щебеночных гранулированных смесей.

БНД 130/200 — для поверхностной обработки покрытий в районах с умеренным климатом, для пропитки щебеночных покрытий в районах с холодным и умеренным климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумо-минеральных смесей в районах с холодным климатом.

БНД 90/130 — для пропитки дорожных щебеночных покрытий в районах с умеренным климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумо-минеральных смесей в районах с умеренным климатом, для поверхностной обработки покрытий в районах с теплым климатом.

БНД 60/90 — для пропитки дорожных покрытий в районах с теплым климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумо-минеральных смесей в районах с теплым климатом.

БНД 40/60 — для приготовления асфальтобетонных и битумо-минеральных смесей в районах с летними температурами >30°C.

Жидкие дорожные битумы (ГОСТ 11955—82) применяют в качестве вяжущего материала при строительстве дорожных

Таблица 12.6. Характеристики вязких дорожных битумов

Показатель	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130
Глубина проникания иглы в битум, 0,1 мм:			
при 25 °С	201—300	131—200	91—130
при 0 °С	45	35	28
Температура, °С:			
размягчения, не ниже	35	39	43
то же, после прогрева, не выше	—20	—18	—17
хрупкости, не выше	8	7	6
вспышки, не ниже	200	220	220
Растяжимость, см, не менее:			
при 25 °С	—	65	60
при 0 °С	20	6	4,2
Испытание на сцепление с мрамором или песком	Выдерживает по		
Содержание водорастворимых соединений, %, не более	0,2	0,2	0,3
Индекс пенетрации	+1	—	—1

покрытий, оснований и для других целей. В зависимости от скорости формирования структуры их подразделяют на два класса:

СГ — густеющие со средней скоростью, получаемые разжижением вязких дорожных битумов жидкими нефтепродуктами и предназначенные для строительства капитальных и облегченных дорожных покрытий, а также для устройства их оснований во всех дорожно-климатических зонах страны;

МГ — медленногустеющие, получаемые разжижением вязких дорожных битумов жидкими нефтепродуктами и получаемые из остаточных или частично окисленных нефтепродуктов

Таблица 12.7. Характеристики жидких дорожных битумов

Показатель	МГ 130/200	МГО 40/70	МГО 70/130*
Условная вязкость при 60 °С, °ВУ	131—200	40—70	71—130
Количество испарившегося разжижителя, %, не менее	5	—	—
Температура, °С, не ниже:			
размягчения остатка	30	—	—
вспышки в открытом тигле	110	120	160
Испытание на сцепление с мрамором или с песком	Выдерживает		

* Для битумов, вырабатываемых из бакланских нефтей, температура вспышки до

БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90
61—90	40—60	201—300	131—200	91—130	61—90
20	13	—	—	—	—
47	51	33	37	40	45
—15	—10	—	—	—	—
6	6	8	7	6	6
220	220	200	220	220	220
50	40	—	70	60	50
3,5	—	—	—	—	—
контрольному образцу № 2		—	—	—	—
0,3	0,3	—	—	—	—
—1	—1	+1	—	—1,5	—1,5

или их смесей (МГО), предназначенные для получения холодного асфальтобетона, а также для строительства дорожных покрытий облегченного типа и оснований в II—V дорожно-климатических зонах и других целей.

В зависимости от класса и вязкости устанавливают следующие марки жидких битумов: СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200; МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200; МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200. Характеристики жидких дорожных битумов приведены в табл. 12.7.

Для получения разжиженных битумов используют вязкие дорожные битумы с глубиной проникновения иглы не более 90·0,1 мм.

МГО 130/200	СГ 40/70	СГ 70/130	СГ 130/200	МГ 40/70	МГ 70/130
131—200	40—70	71—130	131—200	40—70	71—130
—	10	8	7	8	7
—	37	39	39	28	29
180	45	50	60	100	110

с контрольным образцом № 2

пускается не ниже 140 °С.

Таблица 12.8. Характеристики строительных битумов

Показатель	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
Глубина проникания иглы, 0,1 мм: в битум при 25 °С	41—60	21—40	5—20
то же, при 0 °С	—	—	—
в остаток после прогрева (25 °С), % от начальной величины, не менее	—	—	—
Температура, °С: размягчения	≥50	70	90
вспышки, не ниже	220	230	240
хрупкости, не выше	—	—	—
Растяжимость при 25 °С, не менее	40	3	1
Растворимость в бензоле или хлоро- форме, %, не менее	99	99	99
Изменение массы при нагревании, %, не более	1,0	1,0	1,0
Содержание, %, не более: водорастворимых соединений парафина	0,3	0,3	0,3
воды	—	—	—
Водонасыщенность за 24 ч, %, не более	—	—	—

* Высшей категории качества.

Фракционный состав нефтепродуктов, применяемых в качестве разжижителей битумов классов СГ и МП:

	СГ	МП
Температура начала кипения, °С, не ниже	145	—
Фракционный состав, °С, не выше:		
50% (об.)	215	280
96% (об.)	300	360

Для обеспечения сцепления с мрамором или песком в жидкие битумы можно вводить анионные или катионные ПАВ.

Строительные нефтяные битумы вырабатывают трех типов: строительные, кровельные и изоляционные. Характеристики битумов приведены в табл. 12.8.

Битумы нефтяные строительные (ГОСТ 6617—76) применяют для строительных работ в различных отраслях народного хозяйства. Получают окислением остаточных продуктов прямой перегонки нефти и их смесей с асфальтами и экстрактами масляного производства. Допускается получать их компаундированием окисленных и неокисленных указанных выше продуктов. Строительные нефтяные битумы выпускают следующих марок:

БН 50/50 — для различных объектов строительства, в том числе в гидротехнических сооружениях;

БНК-45/160	БНК-45/190*	БНК-90/40	БНК-90/30	БНИ-IV-3	БНИ-IV	БНИ-V
140—220 — 55	160—220 — 60	35—45 — 70	25—35 — 70	30—50 15 —	25—40 12 —	20—40 9 —
40—50 240 — — 99	40—50 240 — — 99,5	85—95 240 —20 — 99	85—95 240 —10 — 99	65—75 250 — 4 —	75—85 250 — 3 —	90—100 240 — 2 —
1,0	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,3 —	0,3 5	0,3 —	0,3 —	0,2 4	0,2 —	0,2 —
— Следы	—	—	—	0,1 Следы	0,1	0,1

БН 70/30 — в кровельном деле для изготовления склеивающих масс, в гидротехнике для получения стыковых масс при укладке труб в землю, при изготовлении покрытий для трубопроводов;

БН 90/10 — для покрытия картона и производства рубероида, для обновления старых рубероидных и толевых кровель, для электроизоляции трубопроводов.

Битумы нефтяные кровельные (ГОСТ 9548—74) в основном используют при производстве рубероида и для пропитки картона, а также в кровельно-гидроизоляционном производстве. Вырабатывают следующие марки: БНК-45/180 — для пропитки, БНК-45/190 — для пропитки и получения покровного битума, БНК-90/40, БНК-90/30 — для покровного слоя.

Битумы нефтяные изоляционные (ГОСТ 9812—74) предназначены для изоляции трубопроводов от грунтовой коррозии. Получают окислением остаточных продуктов прямой перегонки нефти или их смесей с асфальтами и экстрактами масляного производства. Применение продуктов крекинга не допускается, что обусловлено повышенными требованиями к теплоустойчивости этих битумов, пластичности их при низких температурах, водостойкости, структурной прочности и силе сцепления с металлом.

Выпускают три марки битумов для различных условий применения: БНИ-IV-3, БНИ-IV, БНИ-V.

Битумы нефтяные специальные применяют для изготовления лакокрасочных продуктов, заливочных аккумуляторных мастик, а также в радиотехнической промышленности.

Битум для лакокрасочных покрытий (ГОСТ 21822—76) получают окислением тяжелых остатков атмосферно-вакуумной перегонки высокосмолистых нефтей. Применяют в лакокрасочной, шинной, электротехнической и других отраслях промышленности. Вырабатывают трех марок: Б, В, Г, которые различаются температурой размягчения, глубиной проникания иглы и температурой вспышки.

Эти битумы должны обладать дополнительными качествами, обусловленными областью применения: высокими диэлектрическими свойствами, способностью образовывать лаки с определенными растворителями, низким содержанием нерастворимых в горячем бензоле веществ и золы для гарантии чистоты битума. Температура размягчения и глубина проникания иглы характеризуют возможность получения лаковой пленки достаточной прочности и тугоплавкости. Растворимость в льняном масле гарантирует образование лаковой пленки соответствующей толщины. По кислотному числу оценивают возможность коррозии металлических поверхностей, покрытых пленкой лака на основе битума.

Таблица 12.9. Характеристики битумов для лакокрасочных покрытий

Показатель	Марка		
	Б	В	Г
Внешний вид	Твердое вещество черного цвета		
Температура размягчения по КиШ, °С	100—110	110—125	125—135
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм, не более	11	8	5
Содержание веществ, нерастворимых в горячем бензоле, %, не более	0,15	0,15	0,15
Зольность, %, не более	0,20	0,20	0,20
Температура вспышки, °С, не ниже	240	250	260
Растворимость битума в льняном масле и смеси битума с льняным маслом в уайт-спирите	Полная		
Вязкость условная, °ВУ*, не более	18	18	18
Качество пленки лака: блеск и гладкость	Соответствует типовому образцу		
сальность	Отсутствие		
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	2,0	2,0
Содержание воды	Следы		

* Определяют для смеси битума с льняным маслом в уайт-спирите при 50 °С непосредственно после изготовления и выдерживания в течение 24 ч в закрытом сосуде.

Таблица 12.10. Характеристика битума для заливочных аккумуляторных мастик

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Температура размягчения по КиШ, °С	105—115	Изменение массы после прогрева, %	≤0,5
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	10—16	Температура вспышки, °С	≥260
Растяжимость при 25 °С, см	≥1	Содержание водорастворимых соединений, %	≤0,3
Растворимость в бензоле или хлороформе, %	≥99,5	Индекс пенетрации	≥+4
		Содержание воды	Отсутствие

Характеристики битумов приведены в табл. 12.9.

Битум для заливочных аккумуляторных мастик (ГОСТ 8771—76) получают окислением остатков атмосферно-вакуумной перегонки нефтей. Особым свойством битума (по условиям применения) является хорошая сплавляемость с трансформаторными и авиационными маслами. Битум должен обладать: кислотостойкостью, механической прочностью, тепло- и морозостойкостью, хорошими диэлектрическими свойствами, необходимой для прессования пластичностью в нагретом состоянии и достаточной текучестью для заполнения деталей пресс-формы.

Характеристика битума приведена в табл. 12.10.

Битумы нефтяные высокоплавкие мягчители (ГОСТ 781—78) — продукты твердой консистенции, образующиеся в результате окисления остатка от перегонки нефти — гудрона, содержащего щелочь. Присутствие щелочи в процессе окисления обеспечивает получение битумов со специфическими свойствами: эластичностью, мягкостью и мажеобразной консистенцией при высокой температуре размягчения. Применяют в резиновой, шинной и других отраслях промышленности. Вырабатывают двух марок и двух категорий качества:

А-30 — для резиновой, шинной и других отраслей промышленности,

А-10 — для шинной промышленности.

Применяют высокоплавкие битумы также в строительстве в качестве компонентов морозостойких замазок для стыков труб и в металлургии для смазывания горячих шеек валков прокатных станов. Характеристики высокоплавких битумов приведены в табл. 12.11.

Кислоты нефтяные

Кислоты нефтяные получают при очистке светлых и масляных дистиллятов и применяют в качестве эмульгатора, присадки, растворителя различных смол и анилиновых красителей. В за-

Таблица 12.11. Характеристики битумов нефтяных высокоплавленных

Показатель	А-30, категории качества		А-10, категории качества	
	высшей	первой	высшей	первой
Температура размягчения, °С	125—135	125—135	125—130	125—135
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	30—40	26—40	8—13	5—19
Изменение массы при нагревании (150 °С, 2 ч), %, не более	0,1	0,1	0,1	0,1
Содержание, %, не более:				
зола	0,5	0,5	0,3	0,5
воды	Отсутствие	Следы	Отсутствие	Отсутствие
серы	1	—	2	—
твердых парафинов	2	5	3	5
Растворимость в сероуглероде, хлороформе, бензоле или трихлорэтилене, %, не менее	99	99	99	99

Таблица 12.12. Характеристики нефтяных кислот

Показатель	Дистиллированные нефтяные кислоты	Асидол		Асидол-мылонафт	Мылонафт
		А-1	А-2		
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость			Жидкость от светло-коричневого цвета	Мазеобразное вещество коричневого цвета
Содержание, %:					
нефтяных кислот, не менее	96	42	50	75	43
минерального масла в пересчете на органические вещества, не более	2,8	57	45	9	9
минеральных солей, не более	—	—	—	1	2
в том числе сульфатов	—	—	—	0,7	1
хлоридов	—	—	—	0,3	1
воды, не более	—	—	—	—	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	3,5	—	—	—	—
Кислотное число, мг КОН/г	230—260	≤185	≤210	≥225	≥220

висимости от сырья и технологии изготовления в соответствии с ГОСТ 13302—77 устанавливают 4 марки нефтяных кислот. Характеристики этих кислот приведены в табл. 12.12.

Дистиллированные кислоты — продукт вакуумной перегонки нефтяных кислот, выделенных из светлых нефтепродуктов. Применяют в лакокрасочной промышленности в качестве сиккативов — ускорителей высыхания лака.

Технические кислоты (асидолы А-1, А-2) — продукт разложения натриевых солей нефтяных кислот, полученных при очистке масляных дистиллятов или на базе остатка от дистилляции нефтяных кислот, выделенных из светлых нефтепродуктов. Применяют в качестве эмульгаторов для образования стойких эмульсий, для пропитки шпал с целью предохранения их от гниения, в качестве растворителя различных смол и анилиновых красителей, как сиккативы и т. д.

Асидол-мылонафт — смесь нефтяных кислот и их натриевых солей, получаемая при неполном разложении натриевых солей нефтяных кислот серной кислотой. Применяют в мыловаренном производстве, в текстильной, кожевенной и других отраслях промышленности наряду с мылонафтом.

Мылонафт — натриевые соли нефтяных кислот. Применяют в качестве заменителя жиров при изготовлении мыла, в текстильной промышленности при крашении, в качестве инсектицида и фунгицида, в кожевенной промышленности, в качестве эмульгатора водных эмульсий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Аксенов А. Ф. Авиационные топлива, смазочные материалы и специальные жидкости. М.: Транспорт, 1970. 253 с.
- Бадыштова К. М., Чесноков А. А., Иванкина Э. Б. Современные индустриальные масла для промышленного оборудования. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1974. 75 с.
- Бадыштова К. М., Чесноков А. А., Косова В. А. и др. Химическое и нефтяное машиностроение. М.: Машиностроение, 1982. № 3. С. 41—42.
- Бендеров Д. И., Походенко Н. Т., Брондз Б. И. Процесс замедленного коксования в необогреваемых камерах. М.: Химия, 1976. 264 с.
- Бердичевский Е. Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 224 с.
- Богданова Т. И., Шехтер Ю. Н. Ингибированные нефтяные составы для защиты от коррозии. М.: Химия, 1984. 248 с.
- Бонер К. Д. Производство и применение консистентных смазок: Пер. с англ./Под ред. В. В. Синицына. М.: Гостоптехиздат, 1958. 703 с.
- Ваванов В. В., Вайншток В. В., Гурьев А. А. Автомобильные пластичные смазки. М.: Транспорт, 1966. 144 с.
- Виленкин А. В. Масла для шестеренчатых передач. М.: Химия, 1982. 248 с.
- Виноградова И. Э. Противознозные присадки к маслам. М.: Химия, 1972. 272 с.
- Виппер А. Б., Виленкин А. В., Гайснер Д. А. Зарубежные масла и присадки: Справочник. М.: Химия, 1981. 192 с.
- Григорьев М. А., Бунаков Б. М., Долецкий В. А. Качество моторного масла и надежность двигателей. М.: Издательство стандартов, 1986. 231 с.

Гуреев А. А., Камфер Г. М. Испаряемость топлив для поршневых двигателей. М.: Химия, 1982. 264 с.

Гун Р. Б. Нефтяные битумы. М.: Химия, 1973. 430 с.

Заславский Ю. С., Заславский Р. Н. Механизм действия противозносных присадок к маслам. М.: Химия, 1978. 224 с.

Итинская Н. И., Кузнецов Н. А. Автотракторные эксплуатационные материалы. М.: Высшая школа, 1981. 284 с.

Итинская Н. И., Кузнецов Н. А. Справочник по топливу, маслам и технологическим жидкостям. М.: Колос, 1982. 315 с.

Ищук Ю. Л. Технология пластичных смазок. Киев: Наукова думка, 1986. 248 с.

Каталог взаимозаменяемости моторных масел, вырабатываемых в странах — членах СЭВ и СФРЮ. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1982. 71 с.

Катайтан Е. Н. Смазочные масла для реактивных двигателей. М.: Химия, 1968. 194 с.

Каплан С. З., Радзевенчук И. Ф. Вязкостные присадки и загущенные масла. Л.: Химия, 1982. 136 с.

Климов К. И. // Производство и улучшение качества пластичных смазок. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1970. С. 53—59.

Кондаков Л. А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем. М.: Машиностроение, 1982. 216 с.

Консистентные смазки/Д. С. Великовский, В. Н. Поддубный, В. В. Вайншток, Б. Д. Готовкин. М.: Химия, 1966. 256 с.

Кремнийорганические продукты, выпускаемые в СССР. Каталог-справочник. М.: Химия, 1970. 51 с.

Кужаров А. С., Онищук Н. Ю. Свойства и применение металлолакирующих смазок. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1985. 58 с.

Кулиев А. М., Кулиев Р. Т., Антонова К. И. Нафтеневые кислоты. М.: Химия, 1965. 120 с.

Кулиев А. М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. Л.: Химия, 1985. 312 с.

Маскалев А. К., Лебедев Е. В., Дубровский Ю. С. Базовый ассортимент смазочно-охлаждающих технологических сред для обработки материалов резанием. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1986. 52 с.

Минутенко Ю. А., Шкаренко В. А., Резников В. Д. Смазочные системы дизелей. Л.: Машиностроение, 1986. 125 с.

Меркуров Г. Д., Елисеев Л. С. Смазочные материалы на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1985. 256 с.

Никифоров О. А., Данилова Е. В. Рациональное использование моторных масел в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1986. 96 с.

Олигоорганосилоксаны. Свойства, получение, применение/Под ред. М. В. Соболевского. М.: Химия, 1985. 263 с.

Павлов В. П., Заскалько П. П. Автомобильные эксплуатационные материалы. М.: Транспорт, 1982. 208 с.

Папко К. К. Химмотология топлив и смазочных масел. М.: Воениздат, 1987. 192 с.

Певзнер Л. А., Резников В. Д. Современные масла для судовых дизелей. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1980. 65 с.

Переверзев А. Н., Богданов Н. Ф., Рондин Ю. Н. Производство парафинов. М.: Химия, 1973. 224 с.

Пискунов В. А. и др. Химмотология в гражданской авиации: Справочник. М.: Транспорт, 1983. 248 с.

Пожаробезопасные технические моющие средства: Каталог/Сост.: Н. К. Германский, А. И. Шеголь-Алимова, Б. И. Иванов и др. М.: Машиностроение, 1982. 32 с.

Потанина В. А., Марчева Е. Н., Богданов Ш. К. Качество и технология производства белых масел. Тематический обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1981. 41 с.

Присадки к маслам/Под ред. С. Э. Крейна, П. И. Саннина, Е. А. Эминова,

А. П. Голованова//Труды второго Всесоюзного научно-технического совещания. М.: Химия, 1968. 348 с.

Редукторы и мотор-редукторы червячные, общего назначения. Марки масел и условия их применения: Руководящий материал. М.: Минстанкопром, 1979. 62 с.

Резников В. Д., Кондратьев В. М. Расход моторных масел в двигателях. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1983. 53 с.

Реологические и теплофизические свойства пластичных смазок/Под ред. Г. Б. Фройштерер, К. К. Трилисский, Ю. Л. Ищук, П. М. Ступак. М.: Химия, 1980. 176 с.

Розенберг Ю. А. Влияние смазочных масел на надежность и долговечность машин. М.: Машиностроение, 1970. 312 с.

Руководящие указания по применению смазочных материалов для прокатного оборудования предприятий черной металлургии СССР. М.: Центроэнергочермет, 1978. 75 с.

Свиридов Ю. Б., Малавинский Л. В., Вихерт М. М. Топливо и топливоподача автотракторных дизелей. Л.: Машиностроение, 1979. 248 с.

Синицын В. В. Пластичные смазки в СССР. 2-е изд., пер. и доп. М.: Химия, 1984. 190 с.

Синицын В. В. Подбор и применение пластичных смазок. 2-е изд., пер. и доп. М.: Химия, 1974. 416 с.

Смазочные масла советского и зарубежного производства. М.: В/О «Союзнефтеэкспорт», Внешторгиздат, 1982. 236 с.

Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник/Под ред. С. Г. Эitelisa, Э. М. Берлинера. М.: Машиностроение, 1986. 352 с.

Справочник нефтепереработчика/Под ред. Г. А. Ластовкина, Е. Д. Радченко, М. Г. Рудина. Л.: Химия, 1986. 648 с.

Справочник по обработке металлов резанием/Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. Киев: Техника, 1983. 239 с.

Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов/Под ред. Е. А. Эминова. Книга 1 и 2. М.: Химия, 4-е изд. 1977. 768 с.

Средства защиты рабочих на машиностроительных предприятиях/М. Е. Пуцков, В. Н. Андрасенов, М. Л. Брайнина и др. М.: Машиностроение, 1983. 111 с.

Сюняев Э. И. Производство, облагораживание и применение нефтяного кокса. М.: Химия, 1973. 296 с.

Тенденции в применении присадок/Т. У. Мастин, С. В. Смолхир/Качество моторных и реактивных топлив, масел и присадок. По материалам VII мирового конгресса в Мексике. М.: Химия, 1970. С. 123—125.

Теоретические основы химмотологии/Под ред. А. А. Браткова. М.: Химия, 1984. 320 с.

Трение, изнашивание и смазка: Справочник/Под ред. И. В. Крагельского. В. И. Алисова. Книга 1 и 2. М.: Машиностроение, 1978. 757 с.

Трилисский К. К., Ищук Ю. Л./Оценка тиксотропных превращений структур в пластичных смазках по их реологическим характеристикам//Нефтепереработка и нефтехимия. Киев: Наукова думка. 1986. Вып. 30. С. 20—26.

Фукс И. Г. Добавки к пластичным смазкам. М.: Химия, 1982. 248 с.

Хаттон Р. Е. Жидкости для гидравлических систем/Под ред. В. В. Вайнштока. М. — Л.: Химия, 1965. 364 с.

Череднеченко Г. И., Фройштерер Г. Б., Ступак П. М. Физикохимические и теплофизические свойства смазочных материалов. М.: Химия, 1986. 224 с.

Шехтер Ю. Н., Крейн С. Э., Тетерина Л. Н. Маслорастворимые поверхностно-активные вещества. М.: Химия, 1978. 304 с.

Шехтер Ю. Н., Школьников В. М., Богданова Т. И., Милованов В. Д. Рабоче-консервационные смазочные материалы. М.: Химия, 1979. 256 с.

Школьников В. М., Шехтер Ю. Н., Фуфаев А. А. и др. Масла и составы против износа автомобилей. М.: Химия, 1988. 35 с.

Энглин Б. А. Применение жидких топлив при низких температурах. М.: Химия, 1980. 208 с.

УКАЗАТЕЛЬ МАРОК

Авиационные бензины

Б-91/115 27—30
Б-92 32
Б-95/130 27—30
компоненты
алкилат 29—31
алкилбензол 29—31
изооктан технический 29 сл.
пиробензол 29 сл.
толуол 29 сл.

Авиационные масла

авиамасло 2525 146
авиамасло 5050 146
авиамасло 7525 146
Б-3В 142—144, 147 сл.
ВНИИ НП-5-1-4ф 142, 144, 148, 150
ВНИИ НП-25 147
ВТ-301 143, 144, 148, 150
ИПМ-10 142, 144, 148—150
ЛЗ-240 143, 144, 147, 150
МК-8, МК-8п 141, 142, 149
МН-7,5у 146, 147, 149
МС-8 140, 326
МС-8п 140, 141, 146, 148, 150
МС-8рк 141, 142, 150
МС-14 140, 147, 149, 253
МС-20 140, 147, 241, 253, 329
СМ-4,5, СМ-9, СМ-11,5 140
36/1-К/А 143, 144, 148, 150

Автомобильные бензины

А-72 32—34, 38 сл.
А-76 20, 32—34, 39
АИ-93, АИ-98 20, 32—34, 37—39
компоненты 36
«Экстра» 37

Автомобильные масла для карбюраторных двигателей

М-4₃/6В₁ (АСЗп-6) 115, 119, 123 сл.
М-4₃/6-В₁ 119
М-8В₁ 119, 123 сл.
М-8-В₁ 119
М-6₃/10В (ДВ-АСЗп-10В) 115, 119, 123 сл.
М-6₃/10-В 119
М-5₃/10Г₁ 125
М-6₃/12Г₁ 125
М12ТП 122 сл.

Антидетонаторы см. Присадки к топливам

Антиокислители см. Присадки к маслам и топливам

Ароматические углеводороды

бензол 387, 388
ксилол 388, 389
псевдокумол 390
толуол 389

Бактерицидные присадки
азин-1, азин-2 361, 362
вазин 361, 362
гексахлорофен 361, 362
формацил-13 361, 362
фурацилин 361, 362

Белые масла

медицинские
вазелиновое 393
парфюмерное 392—394
технические
НКМ-40 394 сл.
НМР-12 394 сл.

Битумы

высокопластичные мягчители

А-10 419 сл.
А-30 419 сл.
дорожные вязкие
БН 415
БНД 413—415
дорожные жидкие
МГ 414 сл.
МГО 414
СГ 415
для заливочных аккумуляторных мастик 419
специальные 418
строительные
БН 416 сл.
БНИ 417
БНК 417

Вазелины (ветеринарный, конденсаторный, медицинский) 409

Вакуумные масла

ВМ 395—397
ВНИИ НП ВС-1 396, 398
ВПН 396
ПФМС-1÷ПФМС-13 396
ФМ-1 396

Вспарыв см. Индустриальные масла

Газотурбинное топливо

нефтяное 104 сл.
Гидравлические жидкости см. Рабочие жидкости для гидравлических систем

Депрессоры см. Присадки к маслам и топливам

Дизельные масла

ДП-11у 119, 127 сл.
М-20А 119, 126
М-20-А 119
М-16-А(т) 119
М-8-В₂ 119

Дизельные масла

М-10-В₂ 119
М-12Б 119, 127, 128
М-12-В₂ 119
М-14Б 119, 127, 128
М-14-В₂ 119
М-20-В₂ 119
М-20 Бп 119, 127, 128
М-16 В₂(т) 119
М-6₃/10-В₂ 119
М-8В₂ 119, 132
М-8-В₂ 119
М-10В₂ 119, 132
М-10-В₂ 119
М-12-В₂ 119
М-14В₂ 119, 130, 131
М-14-В₂ 119
М-16В₂ 119, 130, 131
М-16-В₂ 119
М-20В₂ 119, 130, 131
М-20-В₂ 119
М-14В₂ 119, 130, 131
М-14-В₂(з) 119
М-10В₂С 119, 130, 131
М-10-В₂(с) 119
М-10В₂у 119
М-12В₂у 119, 132
М-20В₂Ф 119, 130, 131
М-20-В₂(ф) 119
МГД-14М 132
М-8Г₂ 115, 119, 135, 136
М-8-Г₂ 119
М-10Г₂ 115, 119, 135, 136
М-10-Г₂ 119
М-14Г₂ 119, 133, 134
М-14-Г₂ 119
М-20Г₂ 119, 134, 135
М-20-Г₂ 119
М-14ГБ 119, 134, 135
М-14Г₂(б) 119
М-8Г₂ж 119, 135, 136
М-8-Г₂(ж) 119
М-10Г₂ж 119, 135, 136
М-10-Г₂(ж) 119
М-10Г₂ЦС 119, 133, 134
М-10-Г₂(цс) 119
М-14Г₂ЦС 119, 133, 134
М-14-Г₂(цс) 119
М-16Г₂ЦС 119, 133, 134
М-16-Г₂(цс) 119
М-10Д 119
М-10-Д 119
М-16Д 119
М-16-Д 119
М-8ДМ 119, 136, 139
М-8-Д(м) 119
М-10ДМ 119, 136, 139
М-10-Д(м) 119

Дизельные масла

М-16ДР 136, 137
М-10ДЦЛ20 119, 136, 137
М-10-Д(цл20) 119
М-14ДЦЛ20 119, 136, 137
М-14-Д(цл20) 119
М-14ДЦЛ30 119, 136, 137
М-14-Д(цл30) 119
М-16Е30 119, 138, 139
М-16Е(30) 119
М-16Е60 119, 138, 139
М-16-Е(60) 119
М-20Е60 119, 138, 139
М-20Е(60) 119
М-20Е70 139
М-16ИХП-3 119, 130, 131
МС-20п 119, 127, 128
МТ-8п 119, 127, 128, 160, 161
МТ-16п 119, 126—128
МТЗ-10п 119, 127, 128

Дизельные топлива 78—82

Защитный водовытесняющий состав
УНИСМА-1 343

Индустриальные масла

вспарыв облегченные 241 сл.
ВНИИ НП-403 214, 229
ВНИИ НП-406 214, 229
гидрол-7 230, 231
И-Г-А-32 214, 221
И-Г-А-46 214, 221
И-Г-А-68 214, 221
И-Г-А-100 214, 221
И-Г-Д-32 229
И-Г-Д-68 229, 230
И-ГН-Е-32 214, 231, 240
И-ГН-Е-68 214, 231, 240
ИГНСп-20 214, 232
ИГНСп-40 214, 232, 233, 240
ИГП-2÷ИГП-182 214, 222—224, 226—229, 232, 238, 245
ИГП₃-12 230, 231
ИГП₃-20 230, 231
И-Г-С-22÷И-Г-С-220 214, 225
ИГСп-18 229, 230, 232, 235, 240
ИГСп-38 229, 230, 232, 235
ИГСп-38д 229, 230
И-Л-А-7 214, 221
И-Л-А-10 214, 221
И-ЛГ-А-15 214, 221
И-Л-С-3 214, 223, 224, 226, 227
И-Л-С-5 214, 223, 224, 226, 227
И-Л-С-10 214, 223, 224, 226, 227
И-Л-С-22 223, 224, 226
ИМСп-32 247, 248
ИМСп-46 247, 248
ИМСп-220 248
ИМТ-160 246, 247

Индустриальные масла

И-Н-Е-68 214, 234
 И-Н-Е-100 214, 234
 И-Н-Е-220 214, 234
 ИНСП-20 232, 233
 ИНСП-40 214, 232—234
 ИНСП-65 214, 234
 ИНСП-110 214, 234
 Ипт-20 246, 247
 ИРп-40 214, 238—240
 ИРп-65 214
 ИРп-75 238—240
 ИРп-85 238, 239
 ИРп-150 214, 238—240
 ИСП-25÷ИСП-110 235, 236, 238, 240
 ИСЭ-25 249—251
 И-Т-А-460, И-Т-А-680 214
 И-Т-Д-68÷И-Т-Д-680 214, 236, 237, 239
 ИТП-200 214, 238—240
 ИТП-300 214, 238—240
 ИТП-500 238—240
 И-Т-С-60 214
 И-Т-С-320 214
 ИЦп-20 247, 248
 ИЦп-40 247, 248
 И-5А 214, 220, 221, 227, 361
 И-8А 214, 220, 221, 227
 И-12А 214, 221, 222, 227, 228, 236, 327, 353, 361
 И-20А 214, 221, 222, 223, 226, 228, 234, 236, 241, 327, 332, 353, 361
 И-30А 214, 221, 222, 228, 234, 236, 353
 И-40А 214, 221, 222, 228, 233, 234, 236, 241
 И-50А 214, 221, 222, 228, 236
 И46ПВ (ПП-6) 241, 242, 243
 И220 ПВ (Пп-17) 241
 И460 ПВ (Пп-28) 241
 И100Р(с) 243
 И-68 СХ 214, 246, 247
 П-28 214
 П-40 214, 242
 «Предокол» 249—251
 ПС-28 214, 241, 245
 П8П 242, 243
 РЖ-3 249, 251
 РЖ-8 249—251
 сепараторное «Т» 229
 ТМС-3 248, 249
 ТМС-6 248, 249
 ТМС-22 248 сл.
 ТП-22 249
 ТП-22А 249
 ТСП 249—251
 цилиндрическое 236, 244—246

Кабельные масла

МВ 198 сл.
 КМ-25 199 сл.
 МН-4 200
 С-220 199 сл.

Керосины

керосин осветительный 391
 лигроины 391 сл.

Кислоты нефтяные

дистиллированные 420 сл.
 асидол А-1 420 сл.
 — А-2 420 сл.
 — мылонафт 420 сл.
 мылонафт 420 сл.

Коксы

бытового потребления 411
 КНКЭ, КНПС, КППЭ, К30, К38 410 сл.

Компрессорные масла

ВНИИНП ХС-40 209 сл.
 КЗ-10, КЗ-20, К4-20 202—206
 К12, К19, К28 202, 204—206
 Кп-8с 202, 204, 205, 207
 КС-19 202, 204—206
 НКМ-40 204—206
 ХА-30 209 сл.
 ХМ-35 209, 210
 ХФ-12-16 209 сл.
 ХФ-22-24 209 сл.
 ХФ-22С-16 209 сл.

Консервационные масла

ВО 328, 331, 332, 334
 К-17 322, 328, 329, 330, 332
 кормии 322, 328, 329, 330, 331
 НГ-203А 328—332
 НГ-203Б 328—332
 НГ-203Р 322, 332
 НГ-204у 331
 НГ-208 331
 РЖ 328, 331, 332, 334

Конденсаторные масла 198 сл.**Мазуты**

флотский 91—97, 99—101
 экспортный 102

Маслорастворимые ингибиторы коррозии

АКОР-1 322, 325, 326, 328, 329, 334
 АЛОП 327
 АЯА 327, 328
 В15/41 246, 326, 327, 328
 ВНИИНП-380 327
 ВСП 327
 КП 322, 325, 326, 328, 329, 334
 КП-2 326, 327
 НГ-110М 325
 НГ-110Т 325
 СИМ 327, 328
 Мягчитель ПП 410

Наполнители

буроугольный воск 265 сл.
 графит 264 сл.
 ДГ-10 281
 диселенид молибдена 264 сл.
 дисульфид молибдена 264 сл.
 МВЧ-1 264
 политетрафторэтилен 264
 слюда 264
 спермацет 265 сл.
 торфяной воск 265 сл.
 Нефтяные растворители (нефрасы) 385—387

Озокеритовая композиция 410**Осевые масла 169 сл.****Парафины**

В₁÷В₅ 406 сл.
 Н₁ 405—407
 Н₂ 405, 407
 П-1÷П-3 405 сл.
 С 405—407
 Т 405, 407

Петролатумы 410**Печное топливо 106 сл.****Пленкообразующие ингибирующие составы (ПИНС)**

аквалин 336 сл.
 аиткоррозин 335, 337, 339
 ингибит-С 335, 337, 339, 341—343
 кабинор 335, 337
 мовиль 336, 337 сл., 341, 343
 мольвин 337
 мольвин-МЛ 336, 338, 341—343
 МОПЛ 335—337, 339
 НГ-216А 335, 337, 339, 342 сл.
 НГ-216Б 335, 337, 339, 342 сл.
 НГ-216В 336, 337, 339, 343
 НГ-222А 335, 337, 339
 НГ-222Б 335—337
 НГМ-МЛ 336, 338 сл., 341—343
 ореми 336, 337—339

Пластичные смазки

АК 309, 320
 алюмол 277, 279, 280, 283, 315
 АМ карданная 297, 318
 АМС-1 302, 306, 309, 319
 АМС-3 272, 302, 319
 арматол-238 315, 321
 АЦ-1 290, 317
 АЦ-3 290, 317
 азрол 282, 316
 БВН-1 309, 321
 бензоупорная 314, 321
 БНЗ-3 278, 315
 БНЗ-4 283, 316
 БНЗ-5 283, 316
 БОЗ-1 310, 321

Пластичные смазки

ваерол 310, 311, 321
 ваерол-Э 311, 321
 вакуумная 313, 321
 ВНИИСТ-2 308, 320
 ВТВ-1 308 сл., 320
 ВНИИНП-207 279—282, 316
 ВНИИНП-210 280, 282, 316
 ВНИИНП-214 280, 316
 ВНИИНП-219 281, 316
 ВНИИНП-223 291, 317
 ВНИИНП-225 295, 318
 ВНИИНП-228 291, 317
 ВНИИНП-231 280, 281, 282, 316
 ВНИИНП-232 295, 318
 ВНИИНП-233 281, 316
 ВНИИНП-235 281, 282, 316
 ВНИИНП-242 278, 296, 297, 305, 318
 ВНИИНП-246 280, 281, 282, 316
 ВНИИНП-247 282, 316
 ВНИИНП-248 307, 320
 ВНИИНП-254 303, 319
 ВНИИНП-257 291, 317
 ВНИИНП-258 291, 317
 ВНИИНП-260 291, 317
 ВНИИНП-261 304, 319
 ВНИИНП-263 285, 313, 321
 ВНИИНП-265 311, 321
 ВНИИНП-270 292, 317
 ВНИИНП-271 292, 317
 ВНИИНП-273 306, 320
 ВНИИНП-274 292, 317
 ВНИИНП-275 306
 ВНИИНП-278 311, 321
 ВНИИНП-279 286, 317
 ВНИИНП-280 286, 317
 ВНИИНП-281 303, 319
 ВНИИНП-282 286, 287, 288, 317
 ВНИИНП-283 287, 288, 317
 ВНИИНП-286 292, 317
 ВНИИНП-291 313, 321
 ВНИИНП-292 313, 321
 ВНИИНП-293 292, 317
 ВНИИНП-294 287, 317
 ВНИИНП-295 287, 317
 ВНИИНП-298 287, 317
 ВНИИНП-299 293, 317
 ВНИИНП-300 313, 321
 ВНИИНП-502 307, 320
 для газовых кранов 314, 321
 геол-1 307, 320
 ГОИ-54п 261, 285, 308, 309, 316
 графитная 276, 301, 309, 315
 графитол 282, 316
 Дельта-1 290, 317
 Дельта-111 290, 317
 Дисперсол-1 299, 319
 долотол АУ

Пластичные смазки

долотол Н 306, 320
долотол НУ 307, 320
ДТ-1 299, 319
Е-1 311, 321
Е-9 312, 321
Е-86 311, 312, 321
ЖА 301, 319
ЖД 301, 319
ЖР 301, 319
ЖРО 300, 319
ЖТ-72 301, 319
ЖТ-79 Л 300, 301, 319
замазка вакуумная 314, 321
замазка ЗЗК-ЗУ 314, 321
зимол 261, 277, 283, 284, 285, 302, 316

ЗЭС 309, 320
ИП-1 (Л, З) 304, 320
канатная ЗУ 310, 321
КБС 305, 320
консталин 277, 315
контактная 301, 319
криогель 288, 317
КСБ 272, 299, 319
кулисная ЖК 300, 319
КФ-10 311, 321
КФ-10Э 311, 321
ЛДС-1 296, 318
ЛДС-3 283, 296, 297, 299, 318
ЛЗ-31 283, 296, 299, 319
ЛЗ-162 314, 321
ЛЗ-ЦНИИ 300, 319
Лимол 283, 295, 298, 318
Лита 284, 285, 302, 316
ЛКС-металлургическая 305, 320
ЛКС-2 305, 320
Литол-24 261, 272, 276, 277, 278, 279, 297, 299, 300, 315

Литол-24РК 277, 315
Литол-459/5 277, 297, 318
ЛС-П 305, 320
ЛСЦ-15 297, 318
МЗ 285, 302, 319
МЗ-10 299, 319
МС-70 302, 319
МУС-ЗА 302, 319
насосная 314, 321
НГ-204у 308
ОЗП-1 294, 318
ОКБ-122-7 289, 290, 317
ОКБ-122-7-5 289, 317
орнон 293, 317
паста 164-39 307, 320
ПН 309, 321
ПП-95/5 309, 320
полимо 283, 316
пресс-солидол Ж 276, 315
пресс-солидол С 276, 315

Пластичные смазки

пушечная (ПВК) 308, 309, 320
ПФМС-4С 284, 316
ротационная ИР 306, 320
Р-2 312, 321
Р-113 312, 313, 321
Р-402 312, 321
Р-416 312, 313, 321
свиноль-01 303, 319
свиноль-02 303, 319
СВЭМ 296, 297, 318
солидол 261
солидол-Ж 272, 276, 315
солидол-С 272, 276, 308, 315
силикол 283, 316
сиол 272, 306, 320
снарядная ВС 285, 316
СОТ 290, 317
старт 305, 320
СТ (НК-50) 304, 319
СТП-Л 294, 318
СТП-З 294, 318
трансол-100 294, 318
трансол-200 293—295, 318
трансол-300 293, 294, 295, 318
торсиол-35 310
торсиол-35 Б 310, 321
торсиол-35 Э 310, 321
торсиол-55 310, 312, 321
униол-1 272, 276, 279, 280, 304, 316
униол-2 280, 304 сл., 320
УССА 301, 309
фиол-1 278, 315
фиол-2 278, 315
фиол-2М 278, 296, 299, 315
фиол-2У 278, 297, 319
фторуглеродная ЗФ 288, 289, 317
фторуглеродная КСТ 289, 317
фторуглеродная 10 ОКФ 288, 289, 317
ЦНИИ-КЗ 300, 319
ЦИАТИМ-201 261, 272, 284, 285, 302, 303, 316
ЦИАТИМ-202 289, 290, 317
ЦИАТИМ-203 284, 303, 316
ЦИАТИМ-205 286, 317
ЦИАТИМ-208 293, 318
ЦИАТИМ-221 279, 280, 281, 300, 316
ЦИАТИМ-221с 279, 316
шахтол 293 318
шахтол-К 294, 318
ШРБ-4 298, 318
ШРБ-4 272
ШРУС-4 297, 298, 299, 318
электра-1 308, 320
эра 284, 302, 319
ЭШ-176 296, 318
1-13 277, 315

Пластичные смазки

№ 8 286, 288, 317
№ 9 304, 319
39 У 310
№ 158 298, 319

Приборные масла

ВНИИП ЧМЗ-25 256 сл.
ВНИИП ЧМЛ-400 256 сл.
ВНИИП-6 253 сл.
ВНИИП-75 254 сл.
ВНИИП-408 251
МАС-8Н 252 сл.
МАС-14Н 252 сл.
МАС-30НК 252 сл.
МВП 250, 252
МВ-52 251 сл.
МП-601 253 сл.
МП-605 253 сл.
МП-609 253 сл.
МП-610 253 сл.
МП-704 253, 255
МП-714 253—255
МП-715 253—255
МП-720А 253—255
МС-14Ф-0 253, 255
МС-20Ф-0 253, 255
ПАРФ-1 251
телеграфное 251 сл.
132-07 255 сл.
132-08 255 сл.
132-19 255 сл.
132-20 255 сл.
132-21 255 сл.

Присадки к маслам

АБЭС 378
агидол-2 (НГ-2246) 367 сл.
АДТФ 377, 378
АзНИИ-ЦИАТИМ-1 127, 160, 165, 380
АСБ 374
АСК 373 сл.
атапол 382 сл.
АФК 130, 160, 163, 181, 380
«Борни» 367
БМА-5 378 сл.
БФКу 372 сл.
ВИНИПОЛ ВБ2 332, 382 сл.
ВИР-1 263, 377, 379
ВНИИП-350 372
ВНИИП-354 365 сл.
ВНИИП-360 127, 371 сл.
ВНИИП-370 372 сл.
ВНИИП-371 372 сл.
ДБК 367
депрессатор АзНИИ 159, 165, 380
«Днепрот» 376
ДФБ 365 сл.
ДФ-1 130, 365 сл.
ДФ-11 263, 365 сл.

Присадки к маслам

ИХП-14А 378 сл.
ИХП-21 365 сл.
ИХП-101 372 сл.
ИХП-234 382 сл.
КАСП-13 366
КНД 370
КИНХ-2 378 сл.
КП-5 381 сл.
КП-10 381 сл.
КП-20 381 сл.
ЛЗ-23к 163, 263, 378 сл.
ЛЗ-309/2 377 сл.
МАСК 374
МНИ ИП-22к 127, 366 сл.
НСК 370, 371
ОТП 159, 160, 163, 377, 379
ПМА «В-1» 381, 383
ПМА «В-2» 381, 383
ПМА «Д» 225, 380
ПМС 127, 369 сл.
ПМС-200А 127, 130, 181, 384
ПМСя (бариевая) 369, 371
ПМСя (кальцевая) 130, 329, 370 сл.
С-5А 375 сл.
С-150 369 сл.
С-300 369 сл.
СБ-3 370 сл.
СБ-3у 370 сл.
«Совол» 242, 243
хлорф 40 165, 263
ЦИАТИМ-339 126, 127, 130, 329, 371 сл.
ЭФО 159, 160, 163, 378
ЭФ-357 246

Присадки к смазкам

англомол-99 263
диалкилбензилэтилсульфид 263
КИНХ-2 263
нафтенат свинца 263
осернистый кашалотовый жир 263
сульфол 263
трикрезилфосфат 263
хлорированный парафин 263
хлорэтанол 263

Присадки к топливам

агидол-1 (нонол) 22, 24, 50, 64, 65, 364
агидол-12 22, 24
антиокислитель древесно-смоляной 22, 24
И-М 48
л-оксидифениламин 19, 22, 24
присадка «К» 59, 64 сл.
П-2 19
Р-9 19
«Синбол» 65
ТТФ 48

Присадки к топливам
ТТФ-М 48
ТЭС (тетраэтилсвинец) 18, 19, 23, 38
этилцеллозоль (жидкость «И») 48

Рабоче-консервационные масла
КРМ 323, 328, 331, 334
М-4₂/8Грк 323, 334
М-8Ги 334
МС-8рк 323, 328, 331, 334
ТМ-5-12рк 323, 334

Рабочие жидкости для гидравлических систем
АЖ-12Т 186, 187
АЖ-170 186, 187
АМГ-10 147, 174, 175, 177, 184
АСК 188
АУ 174, 179
АУП 174, 179
БСК 186, 187, 188
ВМГЗ 174, 176, 178, 182
ВРЖ-1-1 185
ГЖД-140 174, 181, 182
ГТ-50 176, 178
ГТЖ-22 186, 187
ГТЖ-22М 186, 187
ЛЗ-ГА-1 178
ЛЗ-МГ-2 174, 176, 177
для механизма опрокидывания вагонов-самосвалов 174, 180

МГ-20 181
МГ-30 174, 181
МГ-22-А 174
МГ-32-А 174
МГ-5-Б 174
МГ-7-Б 174
МГ-10-Б 174
МГ-15-Б 174
МГ-22-Б 174
МГ-46-Б 174
МГ-15-В 174
МГ-22-В 174
МГ-46-В 174
МГЕ-4А 174, 175, 177
МГЕ-10А 174, 175, 177, 226
МГЕ-46В 172, 174, 181 сл.
МГП-10 186, 188
МЗ-52 178
«Нева» 186—188
НГЖ-4 183—185
осинова 1/6 182 сл.
Р 174
РМ 174, 176 сл.
РМЦ 174, 176 сл.
«Роса» 187 сл.
СМ-028 185
«Томь» 186—188
ЭСК 188

Рабочие жидкости для гидравлических систем
ЭШ 174, 180
132-10 183 сл.
132-10Д 183 сл.
70-50с-3 183 сл.
Реактивные топлива
РТ 41, 50, 51, 58—61, 64
Т-1 41, 44 сл., 51 сл., 58, 60 сл., 63, 332
Т-2 45, 53, 58, 60 сл., 63
Т-6 45, 50 сл., 58 сл., 65 сл.
Т-8В 50 сл., 58 сл., 65 сл.
ТС-1 41, 44—46, 51—53, 56—58, 60 сл., 64

Сепараторное масло см. Индустриальные масла
Синтетические жирные кислоты 276
Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС)
аквапол-1 345, 349, 356
аквемус 349, 356
аквол-2 349, 356
аквол-6 349, 356
аквол-10 М 345, 349, 356
аквол-11 345, 349, 356
аквол-14 345, 349, 356
аполир-К 361
вертолин-74 361
ИМФ-1 361
карбамол-П1 350, 356
карбамол-Э1 350, 356
карбонал 351
КМ-1 361
КЭТ-1 351
лабомнд-101 361
лабомнд-203 361
ЛЗ-СОЖ ИПИО 351, 358
ЛЗ-СОЖ IPO 361
ЛЗ-СОЖ IСП 351, 358
ЛЗ-СОЖ IСO 361
ЛЗ-СОЖ IT 351, 358
ЛЗ-СОЖ-487 351, 358
ЛЗ-СОМ 2СИО 361
ЛЗ-23ПО 361
ЛЗ-26СО 361
МДС-1 361
МЛ-51 361
МЛ-72 361
МР-1у 345, 352, 358
МР-2 352, 358
МР-2у 352, 358
МР-3 352, 358
МР-4 352, 358
МР-5у 352, 358, 361
МР-6 352, 358
МР-7 345, 352, 358
МР-8 352

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС)
МР-9 353, 358
МР-10 353, 358
МР-99 353, 361, 358
МС-6 361
МС-8 361
МС-15 361
натриал-1М 353, 358
НГЛ-205 350, 356, 362
НКС-5у 350, 356
олинол-1 361
ОМ 350, 356
ОСМ-1 353, 358
ОСМ-3 353, 358
ОСМ-4 353, 358
ОСМ-5 353, 358
Полника 361
РЗ-СОЖ 362
РЗ-СОЖ-8 350, 356
СВ-1 353, 358
Синтал-2 345, 350, 356
синхо-2М 345, 350, 356
сиохо-6 345, 350, 356
СКТБ ИНХП-2 350, 356
СП-3 350, 356
СТП-1у 354, 358
сульфофрезол 345, 353, 358
СЭЛ-1 353, 358
ТМС-51 361
Т-6П 354, 358
Т-7П 354, 358
укринол-1 349, 356
укринол-1М 350, 356
укринол-2 350
укринол-2у 350, 356
укринол-3П 350, 356
укринол-3у 351, 356, 358
укринол-4 354, 358
укринол-5/5 354, 358
укринол-11 351, 356
укринол-13 354, 358
укринол-14 354
укринол-23 354, 350
укринол-50у 351, 356
укринол-202 354, 358
укринол-205 345, 354, 358
укринол-207 345, 354, 358
укринол-21М 345, 351, 356
ФМИ-3 351, 356
ХС-11У 354, 358
ХС-147 354
ХС-163 354, 358
ХС-170 354, 358
ШМ 351
ШС-2 354, 358
ЭГТ 351, 362
эмбол 354, 358
ЭМУС 351, 356

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС)
ЭС-1М 351, 356
ЭТ-2 351, 356, 362
ЭТ-2У 351, 356
ЭТ-2 ГХФ 351
ЗГТ 356
Теплоносители
АМТ-300 402 сл.
АМТ-300Т 402 сл.
ЛЗ-ТК-1 403 сл.
ЛЗ-ТК-2 403 сл.
ЛЗ-ТК-4 403 сл.
ЛЗ-ТК-5 404
«Темп» 404
Технологические масла
ВА-8 399
ВНИИП-ВА-8 400
масло-«мягчитель» 399
пластар-20К
пластар 32/2 400
ПН-6К 400
ПН-6ш 400
ПНА 400 сл.
МПа 398 сл.
МПс 398 сл.
НЗМ-40 401
С-9 401
С-15 401
С-25 401
СЖР-1 398
СЖР-2 398
СЖР-3 398
ЭФ-4 400
Топочные мазуты
40 83, 90 сл., 99—101
100 83, 90 сл., 99—101, 103
Тормозные жидкости см. Рабочие жидкости для гидравлических систем
Трансформаторные масла
ГК 196—198
масло адсорбционной очистки 196—198
— селективной очистки 196—198
ТКп 196—198
Т-750 196—198
Т-1500 196—198, 329
Турбинные масла
масло для судовых газовых турбин 190, 192
масло 46, 190 сл.
Т₂₂ 189—191
Т₃₀ 190 сл., 241
Т₄₆ 190 сл., 328
Т₅₇ 190 сл.
Тп-22с 189—191, 207
Тп-30 190 сл.
Тп-46 190 сл.

Трансмиссионные масла

А 168 сл.
АК-15 156, 158 сл.
ВНИИНП-30 160
МГТ 168 сл.
МНТ-2 164 сл.
МТ-8п 119, 127 сл., 160 сл.
нигрол 158 сл., 245
Р 168 сл.
СТ-20 162
ТАД-17И 154 сл., 164 сл.
ТАП-15В 156, 163—165
ТМ-1-18 156
ТМ-2-9 156
ТМ-2-18 156
ТМ-2-34 156
ТМ-3-9 156
ТМ-3-9, 156
ТМ-3-18 156
ТМ-4-9, 156
ТМ-4-18 156
ТМ-4-34 156
ТМ5-12 161 сл.
ТМ-5-9А 154
ТМ-5-12В 154
ТМ-5-12, 156
ТС 156, 166
ТС-14,5 156, 158 сл., 241
ТСгип 156, 166
ТСд-9гип 156, 161 сл.

Трансмиссионные масла

ТСзг-8 156, 161 сл.
ТСп-10 156, 159 сл.
ТСп-10ЭФО 156, 160
ТСп-14гип 156, 164 сл.
ТСп-15К 156, 163—165
ТЭп-15 156, 163—165

Тяжелые моторные топлива

ДТ 91, 99, 102
ДМ 91, 102
судовое высоковязкое легкое 103
— — тяжелое 103
— — сверхтяжелое 103

Церезины

конденсаторный 408
церезиновые композиции
65 408
70 408
75 408
80 408
100 408

Цилиндровые масла см. Индустриаль- ные масла

Часовые масла см. Приборные масла

Штамповочная паста ЭСТ-1М 352

Эталонные топлива 15, 17, 70
Электронизоляционные масла 192

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ТОПЛИВА, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ АССОРТИМЕНТ И ПРИМЕНЕНИЕ

Редактор И. А. Захарьянц
Художник Н. В. Носов
Художественный редактор К. К. Федоров
Технические редакторы В. М. Скитина, С. Ю. Титова
Корректор Н. А. Иванова

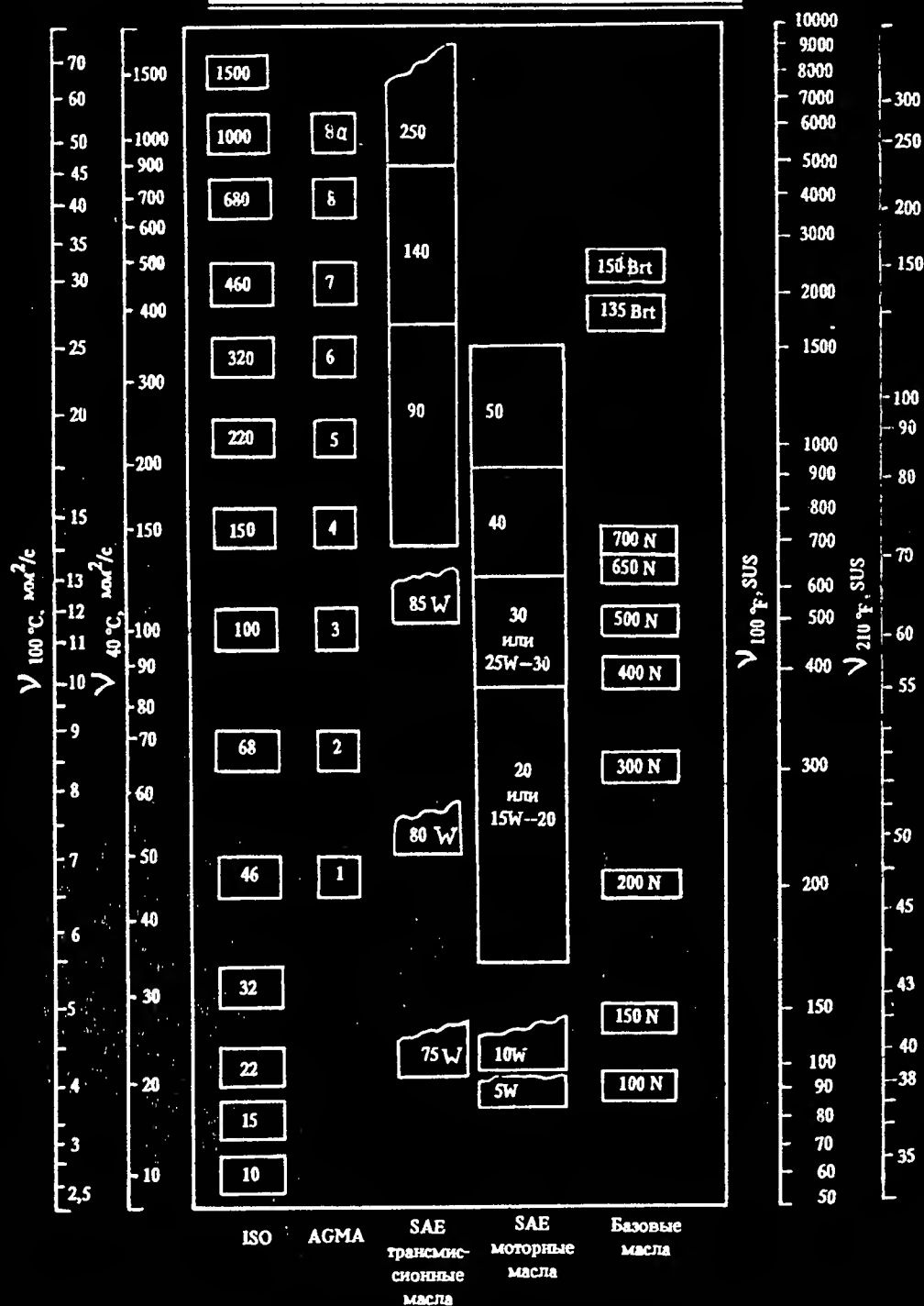
ИБ № 2263

Сдано в наб. 04.11.88. Подп. в печать 08.06.89. Т-10460. Формат бумаги 60×88¹/₁₆. Бумага офс. № 2. Печать офсетная. Гарнитура литературная. Усл. печ. л. 26,46. Усл. кр.-отт. 26,71. Уч.-изд. л. 31,39. Тираж 28 000 экз. Заказ. № 664. Цена 1 р. 90 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия», 107076, Москва, Строминка, 21, корп. 2. Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113105, Москва, Нагатинская ул., д. 1.

Copyright © San'ky incorporation
derevyaha + Q

СООТНОШЕНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ КЛАССОВ МАСЕЛ



СООТВЕТСТВИЕ УРОВНЯ СВОЙСТВ МАСЕЛ ЗАРУБЕЖНЫМ КЛАССИФИКАЦИЯМ

Моторные масла

СССР	API
А	SB
Б	SC/CA
Б ₁	SC
Б ₂	CA
В	SD/CB
В ₁	SD
В ₂	CB
Г	SE/CC
Г ₁	SE
Г ₂	CC
Д	CD

Трансмиссионные масла

СССР	API
ТМ-1	GL-1
ТМ-2	GL-2
ТМ-3	GL-3
ТМ-4	GL-4
ТМ-5	GL-5

Гидравлические масла

СССР	ISO 6874/4
А	HH
Б	HL
В	HM
В с загущающей присадкой	HV